

ანა ბავარდაშვილი

**შავი ზღვის ეკოლოგიური
პარამეტრების კვლევა
მულტიმედიაური ბაზების
საფუძველზე**



თბილისი 2017

ანა გავარდაშვილი

შავი ზღვის ეკოლოგიური
პარამეტრების კვლევა
მულტიმედიური ბაზების
საფუძველზე

დამტკიცებულია მონოგრაფიად
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის
ინსტიტუტის სამეცნიერო სასწავლო მეთოდური
ლიტერატურის სარედაქციო საგამომცემლო საბჭოს
მიერ, ოქმი №18, 14 ივნისი 2017

მონოგრაფია გამოიცა შოთა რუსთაველის ეროვნული
სამეცნიერო ფონდის სადოქტორო საგრანტო პროექტის
(დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების
საგრანტო კონკურსი №DO/159/4-130/14) ფინანსური
მხარდაჭერით.



გამომცემლობა „უნივერსალი“
თბილისი 2017

UDC(უკ) 551.46(262.5) + 574(262.5)
გ-15

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების
სამინისტრო
შოთა რუსთაველის სახელობის სამეცნიერო ფონდი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



შოთა რუსთაველის ეროვნული
სამეცნიერო ფონდი
SHOTA RUSTAVELI NATIONAL
SCIENCE FOUNDATION



სამეცნიერო რედაქტორი: **გია სურგულაძე**
ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

რეცენზენტები: **ლილი პეტრიაშვილი**
ტექნ. მეცნ. კანდიდატი,
აკად. დოქტორი, ასოც. პროფესორი

ვაჟა ტრაპაიძე
ტექნ. მეცნ. კანდიდატი,
აკად. დოქტორი, ასოც. პროფესორი

© 2017 წელი, ანა გავარდაშვილი

გამომცემლობა „**უნივერსალი**“, 2017

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@gmail.com

ISBN 978-9941-26-067-4

შინაარსი

რეზიუმე	5
Summary	8
აბრევიატურების ნუსხა	11
მადლიერება	13
შესავალი	15
თავი 1. შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება და ანალიზი	22
თავი 2. შავი ზღვის აკვატორიაში განხორციელებული საველე-ექსპედიციური კვლევები და მათი შეფასება	30
2.1. საველე-ექსპედიციური კვლევის პირველი ეტაპის შედეგები	30
2.2. საველე-ექსპედიციური კვლევის მეორე ეტაპის შედეგები	40
2.3. შავი ზღვის ძირითადი მდინარეების ესტუარებში საველე-სამეცნიერო კვლევის შედეგები	47
თავი 3. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა საიმედოობისა და რისკი თეორიის გამოყენებით	57
3.1. შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემ- პერატურის პროგნოზი	57
3.2. შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) პროგნოზი	65
3.3. შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) პროგნოზი	73
3.4. საქართველოს საზღვაო პორტებში და ნავთობსა-	

დენის ტერმინალებში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა	82
3.5. შავი ზღვის აკვატორიაში ზამთრის სეზონის საველე კვლევების განხორციელება	94
3.6. შავი ზღვის წყლის დაბინძურების ლაბორატორიული ქიმიური გამოკვლევა	101
თავი 4. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიური ბაზების საფუძველზე	105
4.1. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა და მისი კონცეპტუალური მოდელის აგება ობიექტ-როლური მოდელირების (ORM/ERM) საფუძველზე	105
4.2. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მულტიმედიური მონაცემთა ბაზის შედგენილობის და სტრუქტურის განსაზღვრა და დაპროექტება ...	109
4.3. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მონაცემთა ბაზის აგება Ms SQL Server პაკეტის სამუშაო გარემოში	112
4.4. სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდების და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-რიენტირებული არქიტექტურით	119
4.5. სისტემის მომხმარებელთა SQL - მოთხოვნების დამუშავების სცენარების აგება და პროგრამული კოდების აგება, ტესტირება	125
დასკვნა	131
გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა	134

რეზიუმე

საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების პროგნოზირების მიზნით თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამირებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით განხორციელდა საველე-სამეცნიერო და თეორიული კვლევები და სტატისტიკური მეთოდების, საიმედოობისა და რისკის თეორიის მხედველობაში მიღებით მიღებულ იქნა შემდეგი მეცნიერული შედეგები:

- შავი ზღვის აკვატორიაში GPS და GIS პროგრამების გამოყენებით განხორციელებული საველე-სამეცნიერო კვლევებით, რომლებიც 3 წლის განმავლობაში მიმდინარეობდა, დაფიქსირდა სენსიტიური უბნები;
- შავი ზღვის აკვატორიაში 35 სენსიტიურ წერტილში, ძირითადი მდინარეების ესტუარებსა და საზღვაო პორტებში აღებულ იქნა ზღვის წყლის ანალიზები, გაზომილ იქნა წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურები (t_2), ხოლო ლაბორატორიულ პირობებში დადგენილ იქნა ზღვის წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის რაოდენობრივი მაჩვენებლები (TDS);
- დაზუსტებულია საქართველოს ძირითადი მდინარეების ესტუარების ფართობები, რომელთა სიდიდეც იცვლება $0,861 \pm 20,390$ კმ² საზღვრებში. ლაბორატორიული კვლევებით დადგენილია, რომ შავი ზღვის წყლის მჟავიანობა (pH) მდინარეთა ესტუარებში იცვლება $pH = 7,71 \pm 8,22$ საზღვრებში, ხოლო პორტების აკვატორიაში კი – $pH = 8,42 \pm 8,65$. რაც შეეხება მარილიანობის

მაჩვენებელს (TDS), ის იცვლება მდინარეთა ესტუარებში – $TDS = 6,15 \div 12,67$, პორტების შემთხვევაში კი – $TDS = 11,80 \div 13,67$ საზღვრებში, რაც აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ეკოლოგიური პარამეტრების კომპლექსური კვლევისას;

- საველე-სამეცნიერო კვლევების შედეგად მიღებული სტატისტიკური რიგისა და საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით დადგენილია შავი ზღვის აკვატორიაში განთავსებულ საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების – ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) ჰისტოგრამა და თეორიული განაწილების მრუდი, რომელიც ზემოთ აღნიშნული ეკოლოგიური პარამეტრების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა;
- ლაბორატორიულ პირობებში დადგინდა შავი ზღვის წყლის მძიმე მეტალებით – თუთია (Zn^{2+}), რკინა (Fe), კადმიუმი (Cd), სპილენძი (Cu), ტყვია (Pb) დაბინძურების რაოდენობრივი მაჩვენებლები, რომელთა სიდიდეებიც ევროკავშირისა და საქართველოს ნორმატივების მიხედვით ნაკლებია აღნიშნული დოკუმენტით განსაზღვრულ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე;
- მულტიმედიური ბაზების ძირითადი საფუძვლების გამოყენებით ნაშრომში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევისათვის შესწავლილია:

- ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა და მისი კონცეპტუალური მოდელის აგება ობიექტ-როლური მოდელირების (ORM/ERM) საფუძველზე;
- ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მულტიმედიურ მონაცემთა ბაზის შედგენილობისა და სტრუქტურის განსაზღვრა და დაპროექტება;
- ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მონაცემთა ბაზის აგება Ms SQL Server პაკეტის სამუშაო გარემოში;
- ✓ სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდებისა და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით;
- ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემის ანალიტიკოსის სამუშაო ადგილის ინტერფეისის დაპროექტება მულტიმედიური მონაცემთა ბაზით. სისტემის მომხმარებელთა SQL-მოთხოვნების დამუშავების სცენარებისა და პროგრამული კოდების აგება, ტესტირება.

SUMMARY

With a view to predicting ecological parameters of the Black Sea within the boundaries of Georgia as well as with the application of contemporary computer programs and technologies, field-scientific and theoretical research were carried out and considering statistical methods, reliability and risk theories, the following scientific results were obtained.

As a result of the field-scientific research carried out within the basin of the Black Sea by using GPS and GIS programs, sensitive areas were observed on which scientific research was being carried out for three years.

Within the basin of the Black Sea samples of sea water were taken from 35 sensitive spots, on the firths of main rivers and at sea ports, temperatures of sea water (t_1) and air (t_2) were measured as well while quantitative indicators of degrees of acidity of sea water (pH) and saltiness (TDS) were determined under laboratory conditions.

Areas of firths of main rivers of Georgia were specified the size of which ranges between 0,861 km and 20 390 km while laboratory research showed that acidity degree of the Black Sea water (pH) was ranging in the firths of the rivers between $\text{pH} = 7,71 \div 8,22$, while within the basin of ports it was ranging between $\text{pH} = 8,42 \div 8,65$; as for indicators of saltiness (TDS) in the firths it was ranging within $\text{TDS} = 6,15 \div 12,67$ while at port – within $\text{TDS} = 11,80 \div 13,67$ that should definitely be taken into account while carrying out a comprehensive

research of ecological parameters along the coastline of the Black Sea.

By using a statistical row obtained as a result of a field-scientific research and reliability and risk theories, at ports and oil terminals situated within the basin of the Black Sea there have been determined ecological parameters of the Black Sea – relative values (t_1/t_2) of temperatures of sea water (t_1) and air (t_2), histogram of sea water acidity (pH) and saltiness (TDS) as well as theoretical distribution curve promoting the prediction of above-mentioned ecological parameters;

Quantitative indicators of pollution of the Black Sea water with heavy metals including Zinc (Zn^{2+}), Ferrum (Fe), Cadmium (Cd), Copper (Cu), Plumbum (Pb) were determined under laboratory conditions, the indicators of which according to the established standards of EU and Georgia are less than permitted level of concentration provided by the document mentioned above.

By using basic principles of multimedia bases as well as with a view to researching ecological parameters of the Black Sea in the thesis work there have been studied the following:

- ✓ Determining ecological parameters of the Black Sea and designing a conceptual model based on object-role modelling (ORM/ERM);
- ✓ Determining and designing the content and structure of multimedia data base of ecological parameters of the Black Sea;
- ✓ Establishing a database of ecological parameters of the

Black Sea in the working environment of Ms SQL Server package;

- ✓ Developing functional task methods of the system and algorithm schemes of events by using object-and-service oriented architecture;
- ✓ Designing an interface of a workplace of an analyst of the ecological system of the Black Sea by using a multimedia database;
- ✓ SQL of system users – making a scenario for processing requests and forming up program codes, testing.

აბრევიატურების ნუსხა

PS – სატელიტური სანავიგაციო სისტემა

GIS – საინფორმაციო გეოგრაფიული სისტემები

MIKADO – ჯავა პაკეტზე დაწერილი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ახდენს მონაცემთა კონვერტაციას XML ფორმატში SeaDataNet დირექტორიებისათვის

NEMO – enables conversion from any type of ASCII format to the SeaDataNet ODV and Medatlas ASCII formats – ASCII კოდის კონვერტაცია SeaDataNet ODV და Medatlas ASCII ფორმატში

ODV – Ocean Data View – ოკეანოგრაფიული მონაცემთა ანალიზისა და ვიზუალიზაციის პროგრამული უზრუნველყოფა

DIVA – Data-Interpolating Variational Analysis - მონაცემთა ინტერპოლაციური ანალიზი) ანალიზის შედეგების ოპტიმალური სქემური ასახვა

BPMN – Business Process Model & Notation – ბიზნეს პროცესების მოდელირება

UML – Unified Modelling Language – უნიფიცირებული მოდელირების ენა

ORM – Object Role Model - მონაცემთა მოდელირება

ERM – Entity-Relationship Model – მონაცემთა მიმოცვლის გრაფიკული მოდელი

Ms SQL Server – Relational database management system – რელაციურ მონაცემთა ბაზა

CASE – კომპიუტერის ძირითად კომპონენტთა ბაზა

WPF – Windows Presentation Foundation – ინტერფეისის გენერირება

TDS – Total dissolved salts – გახსნილი მარილების საერთო რაოდენობა

pH – წყალბად-იონთა მაჩვენებელი (მჟავიანობა)

მადლიერება

ნება მომეცით დიდი მადლიერება გამოვხატო ჩემი დისერტაციის ხელმძღვანელის, პროფ. გია სურგულაძის მიმართ, რომელიც თავის მრავალმხრივ ცოდნასა და გამოცდილებას მიზიარებდა როგორც დოქტორანტურაში სწავლის პერიოდში, სადისერტაციო ნაშრომის, ასევე მონოგრაფიის მომზადების ყველა ეტაპზე. მადლობას ვუხდით მას შემოთავაზებული თემის, სამუშაოსადმი გამოჩენილი ყურადღებისა და დახმარებისთვის.

აგრეთვე, მადლიერი ვარ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დეკანის პროფესორ ზურაბ წვერაიძის და ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებლებისა, ასევე მართვის ავტომატიზებული სისტემების (პროგრამული ინჟინერიის) დეპარტამენტის ხელმძღვანელის პროფესორ გია სურგულაძესა და მისი თანამშრომლების.

მადლიერი ვარ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის, რომლის ფინანსური მხარდაჭერით მომზადდა სადისერტაციო ნაშრომი, სადაც წარმოდგენილია სადოქტორო საგრანტო პროექტში (დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების საგრანტო კონკურსი №DO/159/4-130/14) მიღებული შედეგები.

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით განხორციელდა როგორც სავლე-სამეცნიერო და ლაბორატორიული კვლევები, ასევე დამუშავებული სამეცნიერო მასალების პრეზენტაციები საზღვარგარეთ

საერთაშორისო კონფერენციებზე საფრანგეთსა (ქ. პარიზი, 2015 წ.) და ნიდერლანდებში (ქ. ამსტერდამი, 2017 წ.), ასევე საქართველოში, ქ. თბილისსა (2016 წ.) და ქ. ბათუმში (2015 წ.).

მადლობას მოვახსენებ რეცენზენტებს – ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატებს, აკადემიურ დოქტორებს, ასოც. პროფესორებს ქალბატონ ლილი პეტრიაშვილსა და ბატონ ვაჟა ტრაპაიძეს, რომელთა შენიშვნებისა და სურვილების გათვალისწინებამ მონოგრაფია უფრო საინტერესო და წაკითხვადი გახადა.

მონოგრაფია გამოიცემა სადოქტორო საგრანტო პროექტის (დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების საგრანტო კონკურსი №DO/159/4-130/14) ფინანსური მხარდაჭერით.

შესავალი

შავი ზღვა თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით აერთიანებს 6 ქვეყანას: ბულგარეთს, რუმინეთს, უკრაინას, რუსეთს, საქართველოს და თურქეთს. შავი ზღვის მაქსიმალური სიგრძე დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ 1150 კმ-ია; ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ – 580 კმ; ყველაზე ვიწრო ადგილზე – 265 კმ; ფართობი – 422 000 კმ²; წყლის მოცულობა – 555 000 კმ³; მაქსიმალური სიღრმე – 2210 მ; საშუალო სიღრმე – 1240 მ.

საქართველოს დასავლეთით 310 კმ სიგრძეზე ეკვრის შავი ზღვა, რომლის მნიშვნელობა საქართველოსთვის დიდია. იგი წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ბუნებრივ წარმონაქმნს ქვეყნის ზოგად გეოგრაფიული მდებარეობისათვის, რესურსულ პოტენციალს, რეკრეაციულ ზონას, საგარეო კავშირურთიერთობების ძირითად არტერიას, ზღვის ნაპირები სუსტად არის შეჭრილ-შემოჭრილი, შესაბამისად, იგი მოხერხებული აკვატორიაა ნაოსნობისათვის. ჟანგბადით მხოლოდ ზედა – 50 მ სიღრმის წყლის ფენაა მდიდარი. 50 მ-ის ქვევით ჟანგბადის რაოდენობა მცირდება და უკვე 200 მ სიღრმეზე სრულიად უმნიშვნელო ხდება. ამ სიღრმეზე, ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად ჩნდება გოგირდწყალბადი ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა H₂S-ის გამოყოფით და ჟანგბადის არარსებობის გამო იწყება მისი ხრწნა. გოგირდწყალბადის რაოდენობა სიღრმესთან ერთად მატულობს 0,47 სმ³/ლ-დან 200 მ სიღრმეზე – 5,8 სმ³/ლ-მდე 2000 მ სიღრმეზე [1,5].

საქართველოზე მოდის შავი ზღვის სანაპიროს სიგრძის 9% – 310 კმ. გარდა ამისა, იგი დიდ გავლენას ახდენს საქართველოს ჰავის ფორმირებაზე. ამჟამად, 200 კმ შავი ზღვის აკვატორიისა ანექსირებულია რუსეთის მიერ და, შესაბამისად, ქვეყნის მთავრობა ექსპლუატაციას უწევს შავი ზღვის აკვატორიას მხოლოდ 110 კმ სიგრძეზე.

საქართველოს საზღვრებში არსებულ შავი ზღვის აკვატორიაში ბოლო წლებში (2012-2014 წ.წ.) დაფიქსირებულია შტორმებმა, რომელთა სიმძლავრე აღემატებოდა 5 ბალს, დიდი ზიანი მიაყენა ადგილობრივ მოსახლეობასა და ქ. ბათუმში სანაპიროზე განთავსებულ ბულვარს, დაანგრია სანაპირო ზოლი თითქმის 5 კმ სიგრძეზე (სურ. 1), ქ. ქობულეთში მწყობრიდან გამოვიდა 100 მ-მდე სიგრძის რკინაბეტონის ნაპირდამცავი კედელი, დაიტბორა ტერიტორიები, ასევე დიდი ზიანი განიცადა გრიგოლეთსა და ანაკლიაში ტურიზმის ინფრასტრუქტურამ, კერძოდ, დაიტბორა და სილით აივსო სასტუმროები, კოტეჯები, კაფე-ბარები და ა.შ. სურ. 2-ზე ნაჩვენებია შავ ზღვაში 5-ბალიანი შტორმის ხედი მწვანე კონცხის მიმდებარე ტერიტორიაზე [6, 7].

კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე იმატა შავი ზღვის აკვატორიაში ჩამდინარე მდინარეთა კალაპოტებში წყალდიდობების წარმოშობის სიხშირემ, რომელთა ესტუარებსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ხშირია ზღვის სანაპირო ზოლის ეროზია (აბრაზია), რაც მთავრდება უარყოფითი ეკოლოგიური შედეგით, კერძოდ, მიმდინარეობს ზღვის მიერ საქართველოს საზღვრებში სანაპირო ზოლის - ხმელეთის მიტაცება და ხმელეთის

სიღრმეში ზღვის შემოსვლა [8, 13].

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს შავ ზღვაზე განთავსებული ქვეყნის სტრატეგიული მიმართულებების: ქ. ბათუმის, ქ. ფოთის, სოფ. ყულევის და მშენებარე ანაკლიის საზღვაო პორტების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რაც პირდაპირ უკავშირდება შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების მეცნიერულ შესწავლასა და მის სრულყოფას, პროგნოზირებას თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამასთან ერთად, როგორც ცნობილია, შავი ზღვის ეკოლოგიური გარემო ძირითადად დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორია წყალში ბაქტერიების, ჟანგბადის რაოდენობა (%), მარილიანობა (TDS), შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH), ჰაერისა (t_1) და ზღვის ტემპერატურა t_2 ($^{\circ}\text{C}$), განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ზღვის ვერტიკალურ ფენაში (სიღრმე 100 მ) ჟანგბადის რაოდენობის შესწავლას, სადაც ფოტოსინთეზი აქტიურია და ხელს უწყობს ზღვის ფლორისა და ფაუნის სიცოცხლისუნარიანობას [14, 20].

ყოველივე აღნიშნულის გათვალისწინებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური საკითხების მეცნიერული კვლევა და მისი პროგნოზირება თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკისა და პროგრამების გამოყენებით, საქართველოსთვის მეტად აქტუალურია, იგი წარმოადგენს ქვეყნის სტრატეგიულ მიმართულებას, ხოლო შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების შენარჩუნება და დაცვა ქვეყნის მთავრობას აღიარებული აქვს, როგორც სახელმწიფოს პრიორიტეტული მიმართულება.



სურ. 1. ადლის გარეცხილი სანაპირო



სურ. 2. შავ ზღვაზე მწვანე კონცხის მიმდებარე ტერიტორიაზე 5-ბალიანი შტორმი

კვლევის მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს საქართველოს საზღვრებში არსებული შავი ზღვის აკვატორიაში, ძირითადი მდინარეების ესტუარებსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ზღვის სანაპირო ზოლის ახალი მოწყვლადი უბნების დაფიქსირება GPS კოორდინატებში და მათი დატანა ციფრულ რუკაზე, შავი ზღვის წყლის საველე-სამეცნიერო და ლაბორატორიულ-ქიმიური კვლევა, მონაცემთა ახალი ბაზის შექმნის მიზნით მიღებული სტატისტიკური რიგის შეფასება და დამუშავება თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების MIKADO, NEMO, ODV და DIVA-ს გამოყენებით და საბოლოოდ, შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა ობიექტ-ორიენტირებულ მულტიმედიურ მონაცემთა ბაზის საფუძველზე [21, 25].

განხორციელებული მეცნიერული კვლევა საშუალებას მოგვცემს შევაფასოთ შავ ზღვაში ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრები, დავაზუსტოთ მათი რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლები, კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონის გათვალისწინებით დავაზუსტოთ ზღვის სანაპირო ზოლის ახალი მოწყვლადი უბნები გეოგრაფიული GPS კოორდინატების მიხედვით, რაც შემდეგ ეტაპზე საშუალებას მოგვცემს კომპლექსურად შევაფასოთ შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემები და დაიგეგმოს მისი სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებები.

სადისერტაციო ნაშრომში თეორიული კვლევაში წარმოდგენილია შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების, კვლევა მულტიმედიური მონაცემთა ბაზების გამოყენებით გულისხმობს შემდეგი ძირითადი

ამოცანების გადაწყვეტას:

- შავი ზღვის არსებული ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების სისტემის ანალიზი საერთაშორისო გამოცდილების საფუძველზე. პრობლემების გამოკვეთისა და მათი გადაჭრის გზების ერთიანი კონცეფციის შემუშავება, თანამედროვე ტექნიკურ-ტექნოლოგიური ასპექტების გათვალისწინებით;
- შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების თანამედროვე ელექტრონული სისტემის მონაცემთა მულტიმედიალური ბაზების ანალიზი და შესაბამისი ინფორმაციული ტექნოლოგიებით ინფრასტრუქტურული სქემის შემუშავება, სისტემის არაფუნქციონალურ მოთხოვნილებათა განსაზღვრა;
- შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების ელექტრონული სისტემის მონაცემთა განაწილებული ბაზების სტრუქტურების დასაპროექტებლად ობიექტ-როლური მოდელების (ORM) აგება და კვლევა რევერსიული CASE ტექნოლოგიების გამოყენებით;
- პროექტის შედეგების საფუძველზე ექსპერიმენტული პროგრამული სისტემის რეალიზაცია Ms Visual Studio. NET „საინფორმაციო სისტემების აგება მულტიმედიურ მონაცემთა ბაზებით” პლატფორმაზე, WPF, MsSQL _Server, C#.NET, Natural ORM Architect და BPMN პროგრამული პაკეტების გამოყენებით.

ნაშრომის კვლევის ობიექტია შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიური მონაცემთა ბაზებისა და შესაბამისი მართვის საინფორმაციო სისტემების გამოყენებით. კვლევის მეთოდების სახით

განიხილება: სისტემური ანალიზის მეთოდი, მონაცემთა განაწილებული ბაზების თეორია, მულტიმედიურ მონაცემთა ბაზების თეორია; ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირების, ანალიზისა და დაპროექტების მეთოდები; უნიფიცირებული მოდელირების ენა და მისი რეალიზაციის ინსტრუმენტები.

ნაშრომის ორიგინალობა მდგომარეობს შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების, როგორც დიდი და რთული საინფორმაციო სისტემის, პროგრამული უზრუნველყოფის კომპლექსურ შემუშავებაში ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების ბაზაზე, კერძოდ:

1. აგებულ იქნება შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების მულტიმედიური მოდელები პროცეს-ორიენტირებული ტექნოლოგიების გამოყენებით და ჩატარდება მათი შედარებითი ანალიზი თანამედროვე და ტრადიციულ მოდელებთან მიმართებაში;
2. შემუშავდება მულტიმედიური, საიმედო მონაცემთა ბაზების აგების ტექნოლოგია; ბაზებში განთავსდება დამატებითი დაცვის იდენტიფიკატორების ინფორმაცია – GPS-კოორდინატები, რომლებიც დამუშავდება GIS პროგრამით და აიგება რიცხობრივი ახალი გეოგრაფიული რუკები.

თავი 1. შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება და ანალიზი

დედამიწის ერთიან წყლის გარსს, რომლის ზედაპირზეც ხმელეთის ელემენტები -კონტინენტები და კუნძულები გამოიყოფა და რომელიც ერთიანობით, ანუ ნაწილების ურთიერთკავშირითა და მარილების ერთიანი შემადგენლობით ხასიათდება, მსოფლიო ოკეანე ეწოდება.

მსოფლიო ოკეანეს დედამიწის ზედაპირის თითქმის 3/4 (361 მლნ კმ², ანუ 71%) უკავია და მთელი ჰიდროსფეროს წყლების დაახლოებით 96,5%-ს (1,34 მლრდ კმ³) მოიცავს.

მსოფლიო ოკეანის ნაწილი, რომელიც კონტინენტებს შორის არის მოქცეული და ხასიათდება მნიშვნელოვანი ზომებით, წყლისა და ატმოსფეროს ცირკულაციის დამოუკიდებელი სისტემითა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის თავისებურებებით, ოკეანედ იწოდება. ზოგჯერ ოკეანეებს ოკეანურ აუზებად ჰყოფენ, მაგრამ ზოგადად მიღებულია ოკეანეში ზღვების, ყურეებისა და სრუტეების გამოყოფა. ზღვა ოკეანის შედარებით მცირე ნაწილია, რომელიც შეჭრილია ხმელეთში ან მისი სხვა ნაწილებიდან კონტინენტების ნაპირებით, ნახევარკუნძულებითა და კუნძულებით.

უკანასკნელ ხანს სულ უფრო მეტი ინტენსიურობით წარმოებს ოკეანის ბაზისის გეოლოგიური გენეზისის, სტრუქტურისა და ოკეანის ფსკერის ნალექების მეცნიერული კვლევა-ძიება. ინტერესი ზღვის გეოლოგიისადმი გამოწვეულია ენერგომატარებელი წიაღისეულის სულ უფრო

მზარდი დეფიციტით. მსოფლიო ოკეანის ფსკერზე და მის ქვეშ სასარგებლო წიაღისეულის უზარმაზარი რაოდენობა მოიპოვება, გაცილებით მეტი, ვიდრე ხმელეთზე. ამჟამად, ოკეანის შელფურ ზონაში მსოფლიოში უტილიზებული ნახშირწყალბადის – აირისა და ნავთობის 30%-მდე მოიპოვება. რკინა-მარგანეცის კონკრეციების სახით ოკეანის ფსკერი ინახავს 2 ტრილიონ ტონამდე რკინას და ფერად ლითონებს. სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს იშვიათი ელემენტებისა და ძვირფასი მინერალების შემცველი საზღვაო-სანაპირო ქვიშრობების ათვისება და ექსპლუატაცია [20, 23].

ზღვის გეოფიზიკა, რომელიც იყენებს რა ფიზიკის კვლევის მეთოდებსა და ტექნიკას, იკვლევს ოკეანის გეოფიზიკურ ველებს – მაგნიტურ, ელექტრულ, გრავიტაციულ და ოკეანის ფსკერის რელიეფს. ძლიერი ბგერითი წყაროები (აფეთქებები, წყალქვეშა განმუხტვები და სხვ.) წარმოქმნიან ბგერით ტალღებს, რომელთა მიწის ქერქში გავრცელება იძლევა ნალექების სისქისა და სტრუქტურული აგებულების სურათს.

იმ საკითხთა ნუსხა, რომელთა გადაწყვეტაც აკისრია საინჟინრო ანუ გამოყენებით ოკეანოლოგიას, მოიცავს ნაპირსამაგრი საშუალებების კონსტრუქციულ გადაწყვეტასა და დიზაინს, ნავთობმომპოვებელი საბურღი ბაქნების შექმნასა და მათი საიმედოობის ამაღლებას, საზღვაო არქიტექტურის (სანაოსნო საშუალებების) განვითარებას და სხვ.

ოკეანოლოგიური კვლევის უკეთ წარმართვისათვის დაარსდა საკოორდინაციო-საერთაშორისო ცენტრები.

კერძოდ, იუნესკოსთან არსებობს საერთაშორისო სამთავრობათშორისო ოკეანოგრაფიული კომისია (MOK), განხორციელებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური ინფორმაციის შემკრები და განზოგადებული რეგიონალური ცენტრების შექმნა ნიუ-იორკში, მოსკოვსა და მელბურნში, გადაიდგა პირველი ნაბიჯები პლანეტარული სადამკვირვებლო ქსელისა და მონიტორინგის სისტემის შესაქმნელად, რომელიც ითვალისწინებს როგორც დისტანციური ზონდირების, ისე ადგილზე მოპოვებული საზღვაო მონაცემებისა და ინფორმაციის ერთიან სტანდარტში მოქცევას, დამუშავებასა და გავრცელებას [14, 21, 25].

ბოლო ათეულ წელიწადში შავი ზღვის ოპერატიული ოკეანოგრაფიის უდიდესი მიღწევაა შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემის შემუშავება, რაც შესაძლებელი გახდა იმ სამეცნიერო-ტექნოლოგიური პროგრესის შედეგად, რაც მიიღწევა გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან. ამ სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტია მ. ნოდისას გეოფიზიკის ინსტიტუტში შემუშავებული შავი ზღვის რეგიონული პროგნოზის სისტემა შავი ზღვის აღმოსავლეთი ნაწილისათვის, რომელიც მოიცავს საქართველოს სანაპირო ზონას და მის მიმდებარე აკვატორიას [26, 31].

რეგიონული პროგნოზის სისტემა შედგება ჰიდროდინამიკური და ეკოლოგიური ბლოკებისაგან. ჰიდროდინამიკური ბლოკის ძირითადი ბირთვია გეოფიზიკის ინსტიტუტის მაღალი გარჩევის უნარიანობის მქონე შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მათემატიკური მოდელი. ეკოლოგიური ბლოკის შემადგენელი ნაწილებია ზღვის გარემოში დამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა გავრცელების

ორ და სამგანზომილებიანი მათემატიკური მოდელები. რეგიონული პროგნოზის სისტემა საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ ზღვის აღმოსავლეთ აკვატორიაში ძირითადი დინამიკური ველების – დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის 3-დღიანი პროგნოზი 1 კმ სივრცითი გარჩევის უნარიანობით, ხოლო საგანგებო სიტუაციების დროს ვიწინასწარმეტყველოთ აგრეთვე ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების არეები და კონცენტრაციები.

რეგიონული პროგნოზის სისტემის შემდგომი სრულყოფა დაკავშირებულია ზღვის ღელვიანობის პროგნოზისა და ბიოქიმიური პროცესების მოდელების ჩართვასთან პროგნოზულ სისტემაში. გარდა ამისა, შემუშავდება პროგნოზული სისტემის გაცილებით მაღალი გარჩევის უნარიანობის მქონე ვერსია, რომელიც გამოყენებული იქნება აჭარის სანაპირო ზონისა და ქ. ფოთის აკვატორიისათვის (სივრცითი ბიჯით 50-100 მ). ამ ვერსიის ფუნქციონირება შესაძლებელია მხოლოდ ძირითად ვერსიასთან ერთობლივად. ამგვარად, შეიქმნება კომპლექსური ოპერატიული რეგიონული პროგნოზის სისტემა, რომელიც გააერთიანებს 1 კმ-ის გარჩევის უნარიან პროგნოზულ სისტემას მთლიანად საქართველოს სანაპირო ზონისათვის და 50-100 მ გარჩევის უნარიან პროგნოზულ ქვესისტემას – აჭარის სანაპირო ზონისა და ქ. ფოთის აკვატორიისათვის.

სახელმძღვანელოში „ზოგადი ოკეანოლოგია“ [9] წარმოდგენილია ოკეანისა და ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრების პროგნოზირების აუცილებლობა და

შეფასებულია ოკეანისა და ზღვის ძირითადი ჰიდროლოგიური, მეტეოროლოგიური და კლიმატური პარამეტრები.

ნაშრომში „ოკეანოლოგიისა და ინფორმაციის მენეჯმენტი“ [10] აღნიშნულია, რომ ოკეანოლოგიურ მონაცემთა მართვისა და განკარგვის (მენეჯმენტის) არსებული ფილოსოფია, სტრუქტურა და მიდგომა მსოფლიო ოკეანის დაკვირვების სისტემის პარალელურად და მასთან ერთად ჩამოყალიბდა. სწორედ ოკეანის დაკვირვების სისტემამ, რომელიც თავიდან კლიმატის ინფორმაციული უზრუნველყოფის მიზნით შეიქმნა, განსაზღვრა მონაცემთა მართვის სისტემის აუცილებლობა. იგი, ერთის მხრივ, ეფუძნება გარკვეულ შედეგზე გათვლილ მოკლევადიან საერთაშორისო პროექტებს, (მაგ. WOCE- <http://www.wocediu.org>, TOGA-<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/coare> და ა. შ.) და, მეორეს მხრივ, განპირობებულია ისეთი მუდმივმოქმედი სამთავრობო ორგანიზაციების მოღვაწეობითა და ხელშეწყობით, როგორცაა:

GLOSS-<http://www.pol.ac.uk/psmsl/programmes/gloss.info.html>;
IGOSS- <http://www.ioc.unesco.org/igossweb/igoshome.htm> და
IODE - <http://www.iode.org>.*

ევროკავშირის საგრანტო პროექტის (FP7) „UP-GRADE BS-SCENE“ „შავი ზღვის აუზის სამეცნიერო ქსელის გაუმჯობესება (კონტრაქტორი №226592) საფუძველზე, რომელშიც მონაწილეობდა ევროკავშირის 16 ქვეყნის 51 სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი და უნივერსიტეტი, მათ შორის სტუ-ს ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობისა და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტები (2009-2011 წ.წ.), შავი ზღვის აკვატორიის გარემოს დაცვის

მიზნით დამუშავებულია შავი ზღვის ქვეყნების სანაპირო ზოლში მიმდინარე ეკოლოგიური პრობლემების ძირითადი ფაქტორების პროგნოზირებისა და მონიტორინგის მონაცემები, რაც გამოქვეყნებულია მონოგრაფიებში, სამეცნიერო სტატიებში, ნორმატიულ და საგრანტო პროექტებში [27].

უნდა აღინიშნოს შ. რუსთაველის სამეცნიერო ფონდით დაფინანსებული საგრანტო პროექტით (№FR/115/9-180/13) 2014-2017 წ.წ., შესრულებული კვლევები „საქართველოს შავიზღვისპირა კურორტების მოკლე დახასიათება, ზღვის აკვატორიაში და მასში ჩამდინარე მდინარეების წყლის ხარისხის შეფასება“ [7, 8], სადაც ეკოლოგიური უსაფრთხოების პოზიციიდან წარმოდგენილია შავი ზღვის და მასში ჩამდინარე მდინარეების წყლის ხარისხის პროგნოზისათვის მონიტორინგის აუცილებლობა, რათა რაც შეიძლება ნაკლები დამაბინძურებელი ნივთიერებები მოხვდეს შავ ზღვაში. გარემოს დაცვის თვალსაზრისით განხორციელებულია ზღვის სანაპირო ზოლის განსაკუთრებით მოქმედი კურორტების პლიაჟების სანიტარულ-ჰიგიენური, ეკოლოგიური უსაფრთხოების მონიტორინგი და კონტროლი.

ნაშრომში [8] „შავი ზღვის აუზის ქვეყნების წყლის დაბინძურების ხარისხის მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების ერთიანი მონიტორინგის სისტემის შექმნისა და ეკოლოგიური-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების შესახებ“ შემოთავაზებულია მდინარეების წყლის დაბინძურების შეფასება-პროგნოზირებისა და მონიტორინგ-კონტროლის

ერთიანი საინფორმაციო სისტემის აგების შესაძლებლობა, რომელიც გამოიყენება შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ტერიტორიული მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირებისათვის, მონიტორინგ-კონტროლის სისტემის შექმნისა და ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების მიზნით.

ნაშრომში „დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები და მონაცემთა მენეჯმენტი“ [28] განხილულია „მაიკროსოფტის“ კორპორაციის ახალი ჰიბრიდული პროგრამული ტექნოლოგიები მართვის საინფორმაციო სისტემების აპლიკაციების ასაგებად; შემოთავაზებულია MsVisual Studio.NET Framework 4.0/5 ინტეგრირებულ გარემოში Windows- და Web- დანართების (კომპიუტერული სისტემების) დაპროგრამების ინსტრუმენტული საშუალებები WPF, Workflow და WCF ტექნოლოგიებით და Ms SQL Server პაკეტის ბაზაზე. იგი ეფუძნება XAML (სისტემის დიზაინის ნაწილი) და C# (სისტემის ლოგიკური ნაწილი) ენებისა და რელაციური ბაზების კომპლექსურ გამოყენებას. წარმოდგენილია როგორც თეორიული – UML/Agile და ITIL მეთოდოლოგიების, ასევე პრაქტიკული ღირებულების ამოცანები და მეთოდური ინსტრუქციები სხვადასხვა გამოყენებითი სფეროს ავტომატიზებული სისტემების დასაპროგრამებლად.

ნაშრომში – „The Results and Analysis of Studies Carried out in 2011 in the Black Sea Water Area within the Boundaries of Georgia“ [27], რომელიც შესრულებულია ევროკავშირის პროექტი FP7, „UP-GRADE BS-SCENE“ ეგიდით, განხილულია საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის ეკოლოგიური

პარამეტრების კვლევა სტაციონარული და ლაბორატორიული კვლევების გათვალისწინებით. დაფიქსირებულია შავი ზღვის სენსიტიური უბნები და მოცემულია მათი საინჟინრო მეთოდებით შესუსტების გზები.

ზემოთ განხილული და შეფასებული სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზის შედეგად ცხადი გახდა შავი ზღვის აკვატორიაში არსებული ეკოლოგიური პრობლემების სენსიტიურობა და გადაწყდა საველე-სამეცნიერო და თეორიული კვლევების შედეგად, რომელიც ეფუძნება თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენებას, ასევე პროგრამირების ელემენტებს, დასახულიყო სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის ძირითადი მიმართულება, რომელიც გულისხმობს – შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევას მულტიმედიური ბაზების საფუძველზე [34÷53].

თავი 2. შავი ზღვის აკვატორიაში განხორციელებული საველე-ექსპედიციური კვლევები და მათი შეფასება

2.1. საველე-ექსპედიციური კვლევის პირველი ეტაპის შედეგები

შავი ზღვის აკვატორიაში საველე-ექსპედიციური კვლევები განხორციელდა დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამის, შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის საგრანტო პროექტის (№DO/159/4-130/14) „შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიური ბაზების საფუძველზე“ ფინანსური მხარდაჭერით.

საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის აკვატორიაში საველე კვლევები განხორციელდა 2015-2017 წლებში.

2015 წლის 10 ოქტომბრიდან 25 ოქტომბრამდე საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის სანაპირო ზოლში საგაზაფხულო საველე-ექსპედიციური საველე კვლევების მიზანს წარმოადგენდა ძირითადი (მთავარი) მდინარეების ესტუარებისა და მის მიმდებარე მოწყვლადი უბნების დაფიქსირება GPS კოორდინატებში; ზღვის სანაპირო ზოლის სენსიტიურ უბნებზე თურქეთის საზღვრიდან სარფიდან წყლის სინჯების აღება მათი ძირითადი ფაქტორების ადგილზე გაზომვით: წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ტემპერატურის დაფიქსირება; წყლის მჟავიანობისა (pH)

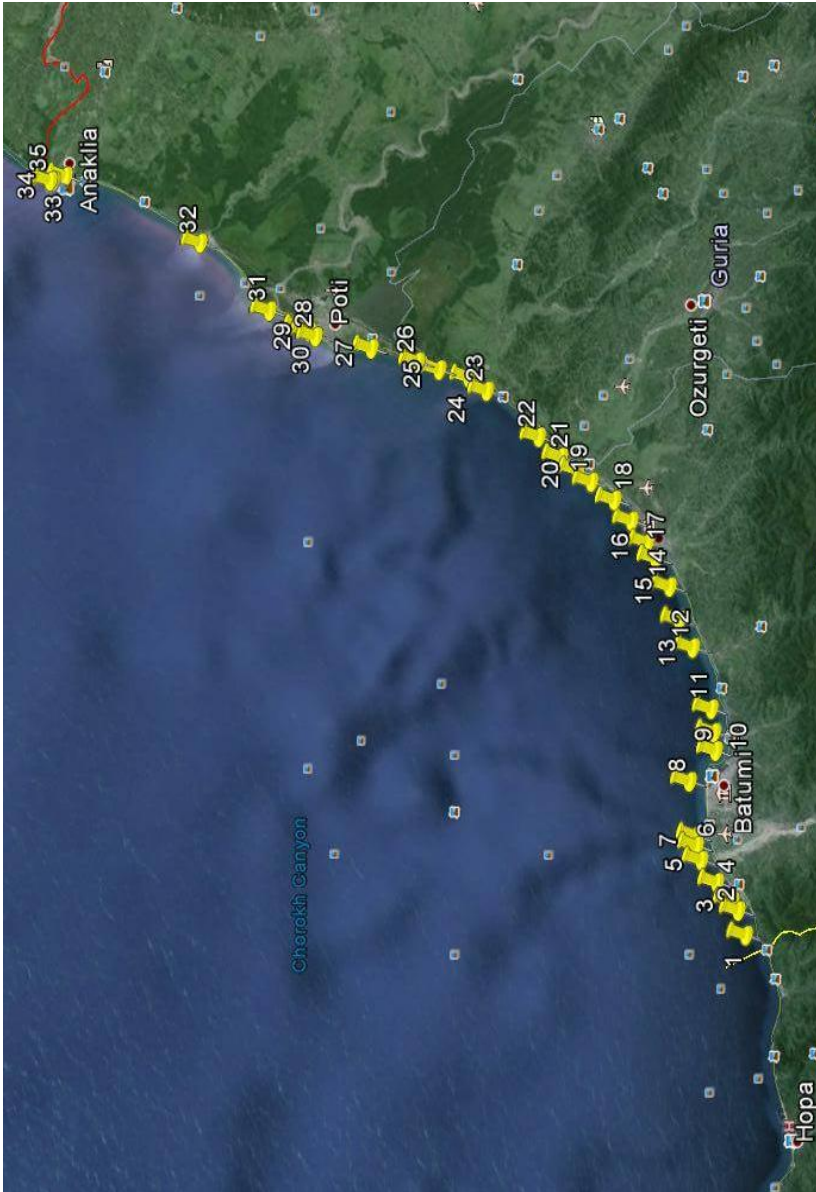
და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრა.

შავი ზღვის 110 კმ სიგრძის სანაპირო ზოლში სარფიდან სოფ. განმუხურამდე შერჩეულ იქნა 35 უბანი, სადაც დაფიქსირდა ზემოთ აღნიშნული სიდიდეები (სურ. 3), ხოლო საველე კვლევის ჯამური მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 1. სურათებზე 4, 5, 6, 7, 8 და 9 მოცემულია საველე კვლევებისას შავ ზღვასა და მდინარე ენგურზე წყლის ნიმუშების, ჰაერის ტემპერატურისა და მჟავიანობის ადგილზე გაზომვის პროცესები [32].

შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასების მიზნით განხილულია საველე კვლევების სტატისტიკური რიგისა და კომპიუტერული თანამედროვე პროგრამების ერთობლივი გამოყენების მცდელობა.

წარმოდგენილია თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების (MIKADO, NEMO, ODV ანდ DIVA) მოკლე მიმოხილვა და მათი გამოყენების შესაძლებლობები [44].

მომავალში ვგეგმავთ გამოვიყენოთ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევისათვის „MIKADO“ და „NEMO“ არსებული ბლოკ-სქემები, ხოლო ზღვის სიღრმეებისა და ტემპერატურის პროგნოზირებისათვის კი “ODV“ და “DIVA“ სქემები (სურ. 10, 11 და 12).



სურ. 3. საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის სანაპირო ზოლში
 საველე კვლევების ჩატარების სქემა (10-24 ოქტომბერი, 2015)



სურ. 4. შავ ზღვაზე GPS-ით კოორდინატების აღება



სურ. 5. შავ ზღვის წყლის ნიმუშის აღება



სურ. 6. ზღვის წყლის ტემპერატურის გაზომვა



სურ. 7. ზღვის წყლის მუქიანობის გაზომვა

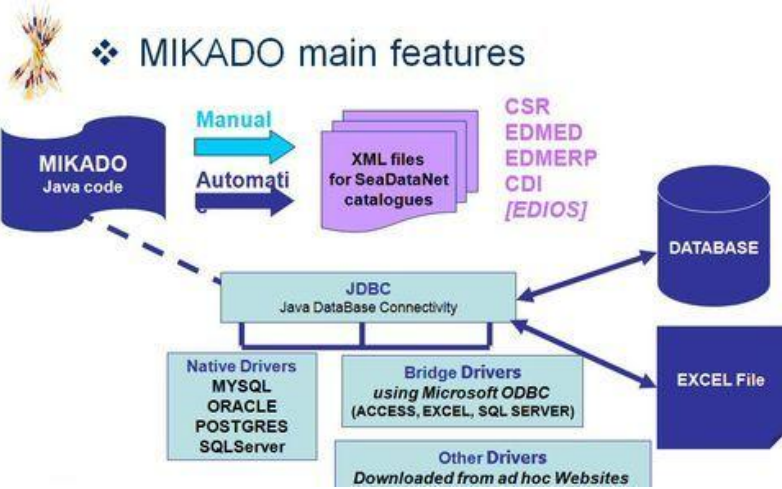


სურ. 8. მდინარე ენგურზე წყლის ტემპერატურის გაზომვა

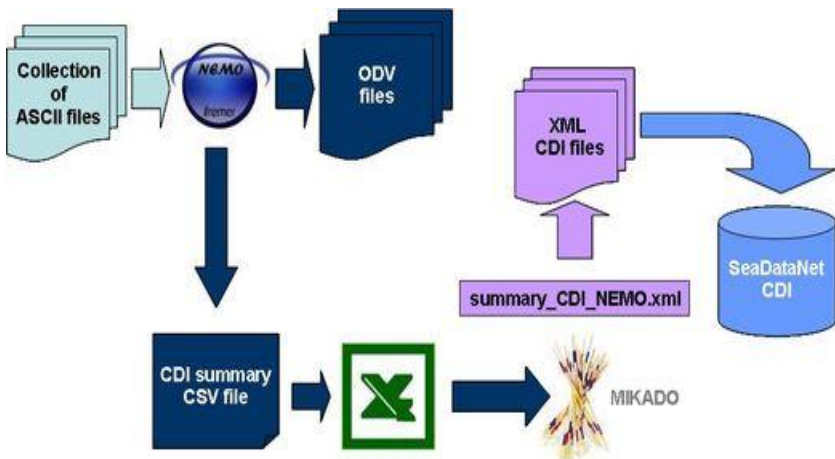


სურ. 9. მდინარე ენგურზე წყლის მჟავიანობის გაზომვა

შავი ზღვის მონაცემთა ბაზის დამუშავების სქემები „მიკალოს“ და „ნემოს“ პროგრამების გამოყენებით

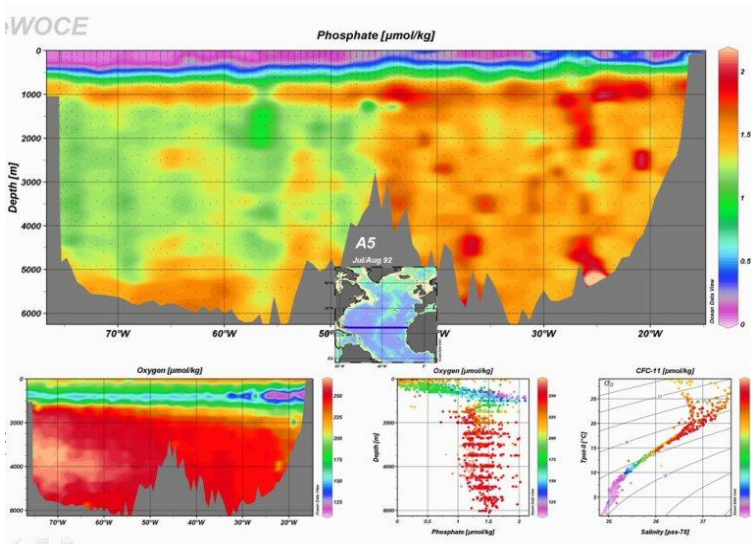


„მიკალოს“ პროგრამის გამოყენების ბლოკ-სქემა

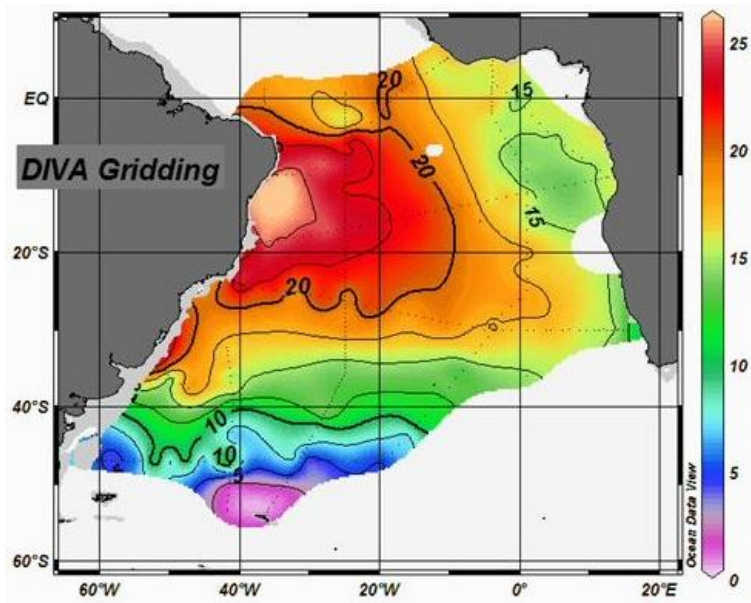


„ნემოს“ პროგრამის გამოყენების ბლოკ-სქემა

სურ. 10. „მიკალო“-ს და „ნემო“-ს ბლოკ-სქემები



სურ. 11. ზღვის სიღრმეების პროგნოზირების „ოდის“ სქემა



სურ. 12. ტემპერატურის პროგნოზირების „დივას“ ბლოკ-სქემა

ცხრილი 1

საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიაში
საველე კვლევის შედეგები

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t/tz)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	სარფი	41526956	41548731	0,93	8,49	13,45
2	კვარიათი - 1	41545542	41561587	0,93	8,38	12,54
3	კვარიათი - 2	41554651	41563841	0,92	8,42	13,20
4	გონიო	41574588	41565589	0,92	8,37	13,23
5	ჭოროხი - მარცხ. სანაპ.	41596952	41569943	0,92	8,38	12,80
6	ჭოროხი - მარჯვ. სანაპ.	41607866	41577288	0,96	8,42	12,88
7	ადღია	41614371	41583944	0,91	8,23	6,60
8	ბათუმი (დელფინარიუმი)	41649103	41621114	0,86	8,34	11,80
9	ბათუმი (დასაწყისი)	41650823	41666129	0,86	8,36	8,66
10	ბათუმი (ბენზე)	41662161	41678955	0,86	8,11	7,07
11	მახინჯაური (რკინ. სადგ.)	41677322	41694925	0,88	8,28	13,20
12	ჩაქვი	41723714	41727073	0,75	8,27	12,86
13	ბუკნარი	41747684	41737649	0,86	8,38	6,23
14	ციხისძირი	41772644	41755505	0,85	8,32	6,15
15	ბობოყვათი	41797243	41766211	0,88	8,35	11,3

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7
16	ქობულეთი (მდ. კინტრიშთან)	41811607	41771416	1,00	8,29	5,23
17	ქობულეთი - დ. აღმაშენებლის ქ. 270	41833693	41775383	0,86	8,43	12,98
18	ქობულეთი - დ. აღმაშენებლის ქ. 552	41856175	41777474	0,86	8,56	14,65
19	ქობულეთის ბოლო	41880721	41772763	0,86	8,45	13,87
20	მდ. ჩოლოქი	41895964	41770675	0,90	8,21	15,27
21	მდ. ნატანები	41913572	41767241	0,85	8,45	4,34
22	სოფ. შეკვეთილი	41938746	41764857	0,91	8,43	12,90
23	დაბა ურეკი	41997287	41758008	0,91	8,38	11,76
24	მდ. სუფსა	42016078	41753594	0,90	8,36	12,67
25	სოფ. გრიგოლეთი (დასაწ.)	42038751	41735281	0,90	8,43	13,50
26	სოფ. გრიგოლეთი (ბოლო)	42056578	41723947	0,83	8,25	13,60
27	მდ. მალთაყვა	42092887	41695954	0,87	8,34	7,22
28	ქ. ფოთი (მდ. რიონის სამხრეთი ჩადინება)	42134187	41659283	0,87	8,39	15,32
29	ქ. ფოთი (მაშველები)	42140873	41657926	0,83	8,41	6,37
30	ქ. ფოთი (მოლი)	42147686	41655392	0,78	8,48	13,60
31	ნაბადა (მდ. რიონის ჩრდილოეთი ჩადინება)	42177666	41641295	0,74	8,72	7,80
32	ყულევი	42259918	41637102	0,78	8,37	15,12
33	ანაკლია (რეპერთან)	42382543	41577101	0,78	8,32	14,45
34	ანაკლია (სასტუმროსთან)	4238744	41563028	0,78	8,29	7,67
35	ანაკლია (მდ. ენგურის მარცხენა ნაპირი)	42389302	41560674	0,78	8,32	12,67

2.2. საველე-ექსპედიციური კვლევის მეორე ეტაპის შედეგები

ბოლო ათეულ წელიწადში შავი ზღვის ოპერატიული ოკეანოგრაფიის უდიდესი მიღწევაა შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემის შემუშავება, რაც შესაძლებელი გახდა იმ სამეცნიერო-ტექნოლოგიური პროგრესის შედეგად, რაც დაიწყო გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან [41-45].

ზღვებისა და ოკეანეების ზედა შერეული ფენა წარმოადგენს წყლის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან არეს, რომლის თერმოდინამიკური მდგომარეობა განსაზღვრავს მრავალ მნიშვნელოვან ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს ზღვა-ატმოსფერულ გარემოში. იგივეს თქმა შეიძლება შავი ზღვის ტურბულენტური შერეული ფენის შესახებ, რომელიც წარმოადგენს კვლევის მთავარ საგანს [44-46].

ცნობილია, რომ შერეული ფენის სიღრმე ძირითადად განისაზღვრება წყლის თვისებების შეფასებით: ტემპერატურისა და სიმკვრივის (მარილიანობა), მჟავიანობისა და სხვა ძირითადი პარამეტრების დადგენით.

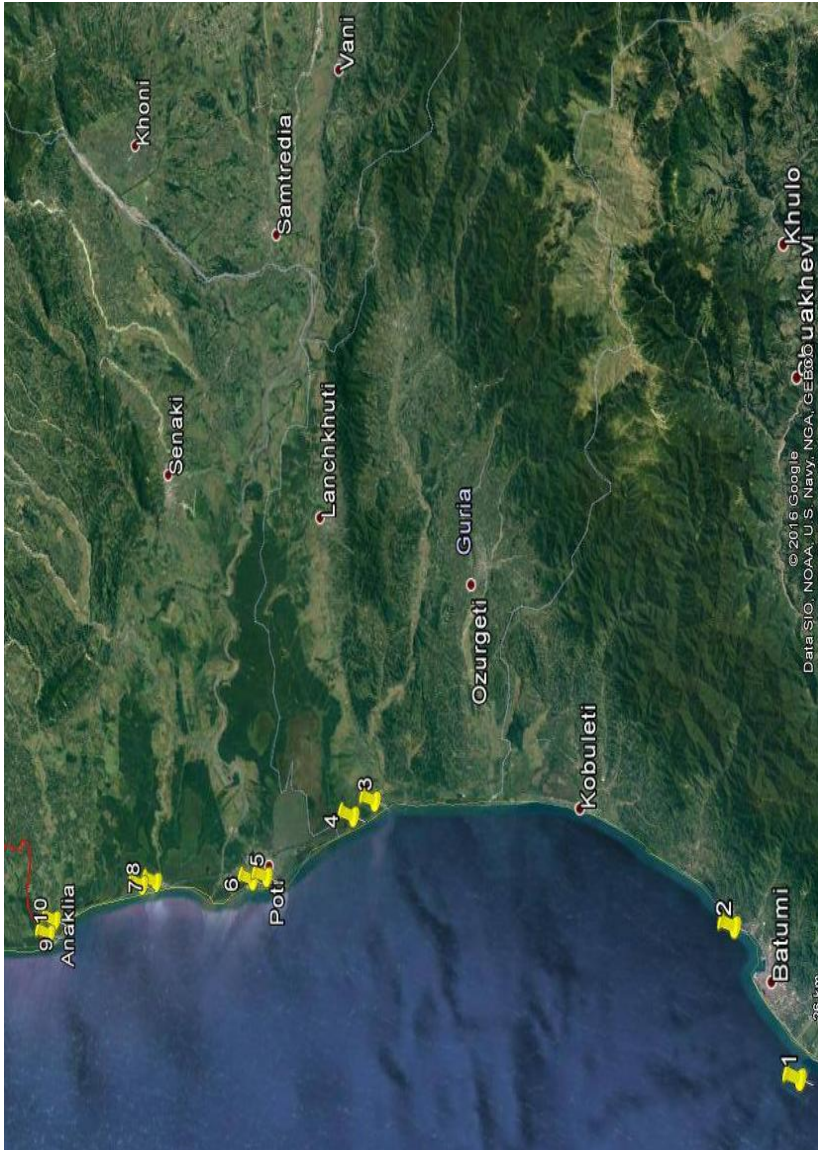
საველე-სამეცნიერო კვლევის საგანს წარმოადგენს საქართველოს საზღვრებში ნავთობსადენის ტერმინალებსა და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა, კერძოდ, წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის, მჟავიანობისა და მარილიანობის

მაჩვენებლების გაზომვა, როგორ სტაციონარულ ასევე არასტაციონარულ პირობებში [46].

საველე-სამეცნიერო და ლაბორატორიული კვლევების შედეგად მიღებული სტატისტიკური რიგის დამუშავებით ზუსტდება სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდებისა და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურითა და შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემის ანალიტიკოსის სამუშაო ადგილის ინტერფეისის დაპროექტება მულტიმედიური მონაცემთა ბაზების გამოყენებით.

საქართველოს საზღვაო პორტებში, ნავთობსადენის ტერმინალებსა და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების დადგენის მიზნით 2016 წლის აპრილის, მაისისა და ივნისის თვეში განხორციელდა საველე-სარეკოგნოსცირებო სამეცნიერო კვლევები, რომლებიც ითვალისწინებდა ჩვენ მიერ წინასწარ შერჩეულ ადგილებში შავი ზღვის წყლის ანალიზის აღებას და მის ლაბორატორიულ გამოკვლევას როგორ სტაციონარულ, ასევე არასტაციონარულ პირობებში [46].

საკვლევი ტერიტორიის სენსიტიური უბნები, ანუ წერტილების მდებარეობები განსაზღვრულ იქნა GPS კოორდინატებით, რომლებიც დატანილ იქნა ციფრულ რუკაზე (სურ. 13), ხოლო სენსიტიურ უბნებზე აღებული შავი ზღვის წყლის სინჯების ლაბორატორიული კვლევის შედეგები კი მოყვანილია ცხრილებში 2, 3, 4.



სურ. 13. შავი ზღვის აკვატორიაში
სენსიტიური წერტილების მდებარეობა

ცხრილი 2

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის
ტერმინალებში 2016 წლის 27 აპრილის
საველე კვლევების მონაცემები

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t/t ₂)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდინარე ჭოროხი	41600395	41548731	0,91	8,33	12,8
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,86	8,08	6,97
3	მდინარე სუფსა	42016078	41753594	0,90	8,30	11,2
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0,83	8,38	12,3
5	მდინარე რიონი	42132201	41660636	0,87	8,37	13,1
6	ფოთის პორტი	42147724	41655297	0,83	8,22	6,25
7	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,78	8,38	12,3
8	მდინარე ხობისწყალი	42259918	41637102	0,87	8,33	13,5
9	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,78	8,29	10,4
10	მდინარე ენგური	42389302	41560674	0,78	8,32	9,29

ცხრილი 3

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის
ტერმინალებში 2016 წლის 27 მაისის
საველე კვლევების მონაცემები

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t/тс)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდინარე ჭოროხი	41600395	41548731	0,79	8,53	12,3
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,76	8,42	11,80
3	მდინარე სუფსა	42016078	41753594	0,78	8,60	6,22
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0,94	8,53	10,8
5	მდინარე რიონი	42132201	41660636	0,58	8,56	12,1
6	ფოთის პორტი	42147724	41655297	0,58	8,01	6,34
7	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,89	8,53	5,84
8	მდინარე ხობისწყალი	42259918	41637102	0,78	6,56	7,09
9	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,92	8,03	10,82
10	მდინარე ენგური	42389302	41560674	0,89	8,53	5,84

ცხრილი 4

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის
ტერმინალებში 2016 წლის 6 ივნისის
საველე კვლევების მონაცემები

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t _{ა/ტ})	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდინარე ჭოროხი	41600395	41548731	0,92	8,22	6,60
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,86	8,42	11,80
3	მდინარე სუფსა	42016078	41753594	0,85	8,13	6,15
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0.90	8,36	11,67
5	მდინარე რიონი	42132201	41660636	0,78	7,84	6,37
6	ფოთის პორტი	42147724	41655297	0,78	8,65	13,34
7	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,78	8,37	15,12
8	მდინარე ხობისწყალი	42259918	41637102	0,82	7,71	6,76
9	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,76	8,52	13,45
10	მდინარე ენგური	42389302	41560674	0,77	8,32	12,67

სურათზე 14 მოცემულია მდინარე ენგურის კალაპო-
ტიდან წყლის სინჯების აღებისა და გაზომვის პროცესი.



სურ. 14. მდ. ენგურზე წყლის სინჯების აღებისა და გაზომვის პროცესი (ანაკლიის მიმდებარე ტერიტორია)

ამრიგად, საქართველოს საზღვრებში ჩატარებული საველე-სამეცნიერო კვლევებისა და წყლის სინჯებზე ლაბორატორიული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ 2016 წლის გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის მნიშვნელობები იცვლებოდა (t_1/t_2) = $0,76 \pm 0,92$, შავი ზღვის წყლის მარილიანობის მნიშვნელობა (TDS) $5,84 \pm 15,12$, ხოლო წყლის მჟავიანობა (pH) კი $7,71 \pm 8,65$ საზღვრებში.

2.3. შავი ზღვის ძირითადი მდინარეების ესტუარებში საველე-სამეცნიერო კვლევის შედეგები

საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის სანაპიროზე ძირითადი მდინარეების – ჭოროხის, კინტრიშის, ნატანების, სუფსის, ხობის წყლის, რიონისა და ენგურის ესტუარებში თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად 2015 წლის ივნის-ივლისის თვეებში განხორციელდა საველე-სამეცნიერო კვლევები [32].

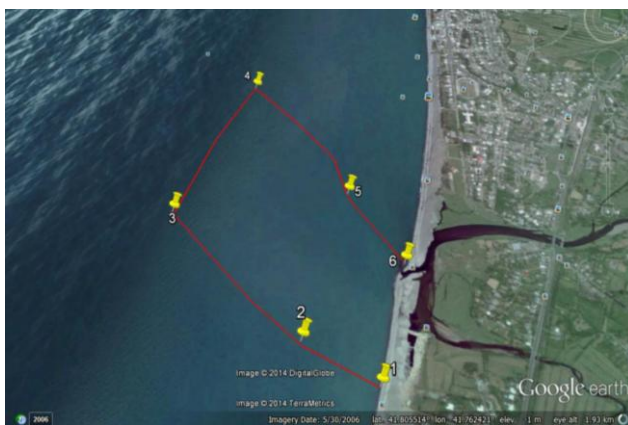
საველე-სამეცნიერო კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შავი ზღვის აუზის საქართველოს ზემოთ დასახელებული ძირითადი მდინარეების ესტუარების ფართობების დაზუსტება GPS-კოორდინატებში და მათი დატანა ციფრულ რუკებზე, ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ტემპერატურის დაფიქსირება, ასევე ზღვის მოწყვლად უბნებსა და ესტუარებში ზღვის წყლის ანალიზის აღება და მათი ქიმიური ლაბორატორიული გამოკვლევა [32]. სურათზე 15 (ა-თ) მოცემულია შავი ზღვის აკვატორიაში საქართველოს ზემოთ აღნიშნული ძირითადი მდინარეების ესტუარების კონტურები ციფრულ რუკაზე, ხოლო ცხრილში 5 – GPS წერტილების კოორდინატები და შესაბამისი ფართობები. მე-6 ცხრილში მოცემულია მდინარეთა ძირითადი ჰიდროლოგიური მაჩვენებლები.

საველე კვლევებისას მდინარეთა ესტუარებში გაზომილ იქნა ჰაერისა და წყლის ტემპერატურები, ასევე აღებულ იქნა წყლის სინჯები, რომლებსაც ჩაუტარდათ

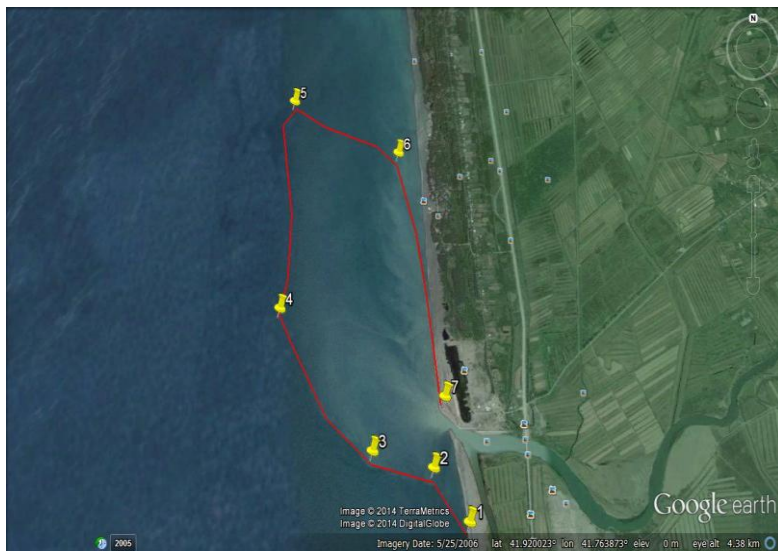
ლაბორატორიული ანალიზი და დადგინდა წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლები. ლაბორატორიული ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. ადგილზე ზღვის წყლის ტემპერატურა იცვლებოდა $t_1=18\div 24^{\circ}\text{C}$, ხოლო ჰაერის კი $t_2 = 24\div 30^{\circ}\text{C}$ საზღვრებში.



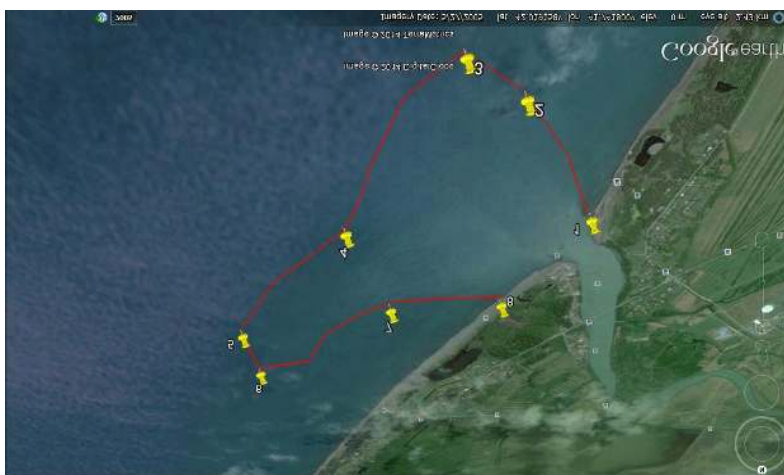
ა) მდ. ჭოროხი



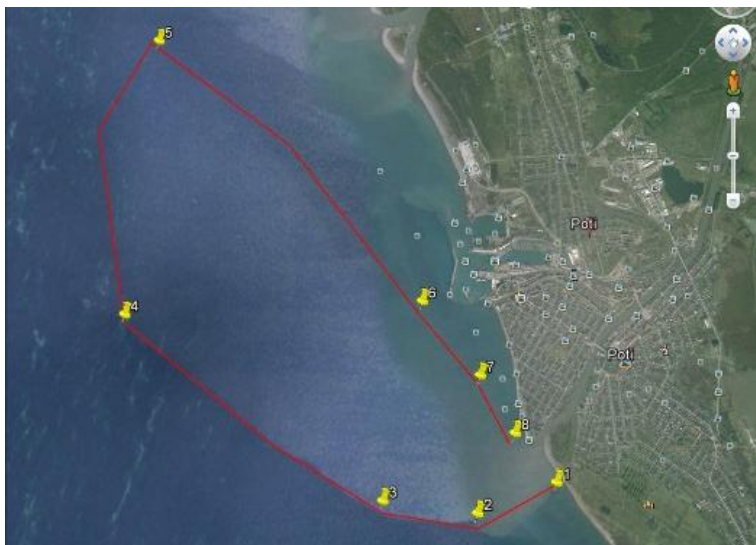
ბ) მდ. კინტროპი



გ) მდ. ნატანები



დ) მდ. სუფსა



ე) მდ. რიონი (სამხრეთ განშტოება)



ვ) მდ. რიონი (ჩრდილოეთ განშტოება)



ზ) მდ. ხობისწყალი



თ) მდ. ენგური

სურ. 15. ციფრულ რუკაზე შავი ზღვის აუზის ძირითადი მდინარეების ესტუარის საერთო ხედი

საქართველოს შავი ზღვის აუზის
ძირითადი მდინარეების ესტუარის მონაცემები

მდინარის დასახელება	წერტილების კოორდინატები	ესტუარის ფართობი (კმ ²)
1	2	3
მდ. ჭოროხი	1. X – 41602473, Y – 41571921; 2. X – 41600256, Y – 41570205; 3. X – 41604317, Y – 41561104; 4. X – 41618219, Y – 41539946; 5. X – 41628109, Y – 41550019; 6. X – 41620934, Y – 41573706; 7. X – 41610627, Y – 41569531; 8. X – 41604571, Y – 41573116.	5,465
მდ. კინტრიში	1. X – 41797895; Y – 41766410; 2. X – 41799470; Y – 41763083; 3. X – 41805091; Y – 41756342; 4. X – 41813037; Y – 41760451; 5. X – 41806051; Y – 41765812; 6. X – 41802590; Y – 41768295.	0,861
მდ. ნატანები	1. X – 41907237, Y – 41769259; 2. X – 41.909746, Y – 41766637; 3. X – 41910538, Y – 41761913; 4. X – 41917843, Y – 41754145; 5. X – 41930396, Y – 41754482; 6. X – 41927038, Y – 41763958; 7. X – 41913224, Y – 41767610	1,130
მდ. სუფსა	1. X – 42017175, Y – 41752815; 2. X – 42011160, Y – 41748014; 3. X – 42009462; Y – 41744850; 4. X – 42018012, Y – 41738489; 5. X – 42025248, Y – 41730800; 6. X – 42019232, Y – 41731400;	1,488

ცხრილი 5 (გაგრძელება)

1	2	3
	7. X – 42023220, Y – 41741095; 8. X – 42022795, Y – 41748376.	
მდ. რიონი (სამხრეთ განშტოება)	1. X – 42140385; Y – 41655681; 2. X – 42122645; Y – 41650961; 3. X – 42124069; Y – 41635599; 4. X – 42.146301; Y – 41592190; 5. X – 42181975; Y – 41595853; 6. X – 42147957; Y – 41642238; 7. X – 42149272; Y – 41646819; 8. X – 42147875; Y – 41654381	20,390
მდ. რიონი (ჩრდილოეთ განშტოება)	1. X – 42172443; Y – 41645811; 2. X – 42173884; Y – 41629814; 3. X – 42194850; Y – 41.593968; 4. X – 42234461; Y – 41609054; 5. X – 42261137; Y – 41626465; 6. X – 42244261; Y – 41632567; 7. X – 42216245; Y – 41631737	14,551
მდ. ხობისწყალი	1. X – 42272625; Y – 41634087; 2. X – 42269928; Y – 41630695; 3. X – 42269375; Y – 41627515; 4. X – 42270267; Y – 41624979; 5. X – 42277002; Y – 41623763; 6. X – 42281359; Y – 41627407; 7. X – 42276524; Y – 41631693	1,009
მდ. ენგური	1. X – 42386917; Y – 41564536; 2. X – 42383361; Y – 41561612; 3. X – 42379605; Y – 41552244; 4. X – 42387503; Y – 41546123; 5. X – 42390662; Y – 41546307; 6. X – 42392457; Y – 41548551; 7. X – 42392600; Y – 41557359;	1,379

ცხრილი 6

საქართველოს შავი ზღვის აუზის ძირითადი მდინარეების
ჰიდროლოგიური მაჩვენებლები

№	მდინარის დასახელება	წყალშემკრები ფართობი, კმ ²	აბსოლუტური ნიშნული, მ	მდინარის სიგრძე, კმ	საშუალო ქანობი, <i>i</i>	აუზის საშუალო სიმაღლე მონაკვეთზე, მ	ჩამონადენის საშუალო მოდული, ლ/წმ.კმ ²	საშუალო წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ
1	ჭოროხი (საქართველოს საზღვრებში)	368,1	55,0	26,0	0,00211	1420	57,5	283,0
2	კინტიში	284,0	2450,0	25,2	0,09722	835	65,0	18,5
3	ნატანები	489,7	2475,0	60,0	0,04125	870	50,0	24,5
4	სუფსა	1105,5	2709,7	108,0	0,02509	970	41,0	45,2
5	რიონი (სამხრეთ განშტოება)	13418,2	2347,0	327,0	0,00717	1660	38,6	415,0
6	რიონი (ჩრდ. განშტოება)	13418,2	2347,0	327,0	0,00717	1660	38,6	415,0
7	ხობისწყალი	1340	2325,6	150,0	0,01550	590	46,0	51,2
8	ენგური	4058,5	2614	213,0	0,01227	1840	48,5	173,0

საველე-სამეცნიერო კვლევების პერიოდში ჩვენი ყურადღება ასევე გამახვილდა საქართველოს საზღვაო პორტებში (ბათუმი, ფოთი, ანაკლია) და ნავთობსადენის ტერმინალების (ბაქო-თბილისი-სუფსა და ყულევი) აკვატორიაში წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლების ცვლილებაზე. საველე კვლევის შედეგები მოყვანილია მე-7 ცხრილში.

მდინარეთა ესტუარებში საველე კვლევის შედეგები
(2015 წლის გაზაფხული)

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t _{air} /t _{water})	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	ჭოროხი (მარცხ. ნაპირი)	41596952	41569943	0,69	7,14	9,70
2	ჭოროხი -მარჯ. ნაპირი)	41600395	41571039	0,69	7,14	9,78
3	კინტრიში	41811607	41771416	0,72	7,15	5,23
4	ნატანები	41913572	41767241	0,70	7,45	4,34
5	სუფსა	42016078	41753594	0,92	7,13	9,67
6	რიონი (სამხ. განშტ.)	42134187	41659283	0,78	7,84	6,37
7	რიონი (ჩრდ. განშტ.)	42177666	41641295	0,77	7,82	7,80
8	ხობისწყალი	42259918	41637102	0,82	7,71	6,76
9	ენგური	42389302	41560674	0,73	7,73	7,67

ამრიგად, შავი ზღვის აკვატორიაში ჩვენ მიერ ჩატარებული საველე-სამეცნიერო კვლევები საშუალებას იძლევა სტატისტიკური რიგისა და საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით შემდეგ ეტაპზე დავადგინოთ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების ფუნქციის ცვლილების ხასიათი.

ცხრილი 8

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის
ტერმინალებში 2015 წლის 6 ივნისის
საველე კვლევის მონაცემები

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t/tz)	წყლის მჟავანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდინარე ჭოროხი	41600395	41548731	0,92	8,22	6,60
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,86	8,42	11,80
3	მდინარე სუფსა	42016078	41753594	0,85	8,13	6,15
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0,90	8,36	11,67
5	მდინარე ხობისწყალი	42259918	41637102	0,82	7,71	6,76
6	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,78	8,37	15,12
7	მდინარე რიონი	42134187	41659283	0,78	7,84	6,37
8	ფოთის პორტი	41655297	42147724	0,78	8,65	13,34
9	მდინარე ენგური	42389302	41560674	0,77	8,32	12,67
10	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,76	8,52	13,45

თავი 3. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით

3.1. შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის პროგნოზი

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის პროგნოზის მიზნით სადოქტორო გრანტის პროგრამის ფარგლებში განხორციელდა საველე-სამეცნიერო კვლევები საქართველოს საზღვრებში 2015 წლის 4 სეზონის პერიოდში [46].

საველე კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილებში №7–10.

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობა ტოლია:

$$(t_1 / t_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (t_1 / t_2)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{140} 111,95}{140} = 0,79 \quad (1)$$

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის ჰისტოგრამის გრაფიკის ასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ ფარდობითი ტემპერატურის მნიშვნელობების გადანაწილება ინტერვალებში და ამ სიდიდეების სიხშირე (m_h), რომელთა სიდიდეებიც მოყვანილია მე-9 ცხრილში.

ცხრილი 9

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

ინტერვალები (t_1/t_2)	0÷0,3	0,3÷0,6	0,6÷0,9	0,9÷1,2
სიხშირე, m_i	2	23	70	45
$f(t_1/t_2)$	0,014	0,164	0,500	0,321

მე-9 ცხრილში მოყვანილი შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის ფუნქციის სიდიდე ინტერვალებში გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$f(t_1/t_2) = m_i / N, \quad (2)$$

სადაც, N არის ფარდობითი ტემპერატურის სტატისტიკური რიგის რაოდენობა, რომელიც ჩვენი კონკრეტული მაგალითისათვის ტოლია $N = 140$.

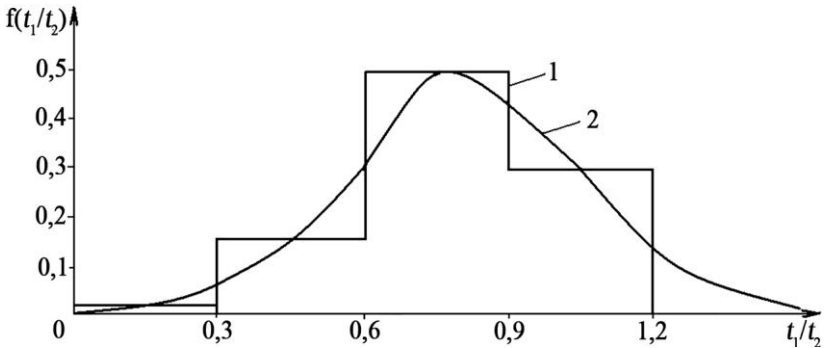
შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) მათემატიკური ლოდინი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$m = \sum_{i=1}^n f(t_1/t_2) = 0,15 \cdot 0,014 + 0,45 \cdot 0,164 + 0,75 \cdot 0,500 + 1,05 \cdot 0,321 = 0,78 \quad (3)$$

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)]^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,1936}{140}} = 0,089 \quad (4)$$

მე-9 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ვაგებთ შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) ჰისტოგრამასა და შესაბამის თეორიულ მრუდს, რომლის გრაფიკებიც მოცემულია პირველ ნახაზზე.



ნახ. 1. შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) ჰისტოგრამის გრაფიკი და შესაბამისი თეორიული განაწილების მრუდი

ცხრილი 10

შავი ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ფარდობითი ტემპერატურის სავსე მონაცემები (2015 წლის 21-30 აპრილი, გაზაფხული)

№	$(t_1/t_2)_i$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]^2$
1	2	3	4
1	0,93	0,07	0,0049
2	0,93	0,07	0,0049
3	0,92	0,06	0,0036
4	0,92	0,06	0,0036
5	0,92	0,06	0,0036
6	0,96	0,1	0,01

ცხრილი 10 (გაგრძელება)

1	2	3	4
7	0,91	0,05	0,0025
8	0,86	0	0,01
9	0,86	0	0,01
10	0,86	0	0,01
11	0,88	0,02	0,004
12	0,75	-0,11	0,0121
13	0,86	0	0
14	0,85	-0,01	0,0001
15	0,88	0,02	0,004
16	1,00	0,14	0,0196
17	0,86	0	0
18	0,86	0	0
19	0,86	0	0
20	0,9	0,04	0,0016
21	0,85	-0,01	0,0001
22	0,91	0,05	0,0025
23	0,91	0,05	0,0025
24	0,90	0,04	0,0016
25	0,9	0,04	0,0016
26	0,83	-0,03	0,0009
27	0,87	0,01	0,0001
28	0,87	0,01	0,0001
29	0,83	-0,03	0,0009
30	0,78	-0,08	0,0064
31	0,74	-0,12	0,0144
32	0,78	-0,08	0,0064
33	0,78	-0,08	0,0064
34	0,78	-0,08	0,0064
35	0,78	-0,08	0,0064
N=35	$\sum (t_1/t_2)_{i=1}^{35} = 30,12$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i] = 0$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]^2 = 0,1936$

ცხრილი 11

შავი ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ფარდობითი ტემპერატურის საველე მონაცემები (2015 წლის 6 ივნისი, ზაფხული)

№	$(t_1/t_2)_i$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]^2$
1	2	3	4
1	1,07	0,11	0,0121
2	1,05	0,09	0,0081
3	1,06	0,1	0,01
4	1,01	0,05	0,0025
5	0,97	0,01	0,0001
6	0,98	0,02	0,0004
7	1,01	0,05	0,0025
8	1	0,04	0,0016
9	1,02	0,06	0,0036
10	1	0,04	0,0016
11	0,96	0	0
12	0,95	-0,01	0,0001
13	0,95	-0,01	0,0001
14	0,95	-0,01	0,0001
15	0,91	-0,05	0,0025
16	0,95	-0,01	0,0001
17	0,93	0,03	0,0009
18	0,93	0,03	0,0009
19	0,96	0	0
20	1	0,04	0,0016
21	1	0,04	0,0016
22	1	0,04	0,0016
23	1,03	0,07	0,0049
24	1,03	0,07	0,0049
25	0,85	-0,11	0,0121
26	0,86	-0,1	0,01

ცხრილი 11 (გაგრძელება)

1	2	3	4
27	0,85	-0,11	0,00121
28	0,91	-0,05	0,0025
29	0,91	-0,05	0,0025
30	0,87	-0,09	0,0081
31	0,82	-0,14	0,0196
32	0,81	-0,15	0,0225
33	0,79	-0,17	0,0289
34	0,78	-0,18	0,0324
35	0,77	-0,19	0,0361
N=35	$\sum (t_1/t_2)_i = 33,75$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i] = 0$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]^2 = 0,237$

ცხრილი 12

შავი ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ფარდობითი ტემპერატურის საველე მონაცემები (2015 წლის 24 ოქტომბერი, შემოდგომა)

№	$(t_1/t_2)_i$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]^2$
1	2	3	4
1	0,67	-0,14	0,0196
2	0,68	-0,13	0,0169
3	0,68	-0,13	0,0169
4	0,7	-0,11	0,0121
5	0,72	-0,09	0,0081
6	0,81	0	0,001
7	0,83	0,02	0,0004
8	0,91	0,1	0,01
9	0,92	0,11	0,0121

ცხრილი 12 (გაგრძელება)

1	2	3	4
10	0,92	0,11	0,0121
11	0,93	0,12	0,0144
12	0,73	-0,08	0,0064
13	0,74	-0,07	0,0049
14	0,75	-0,06	0,0036
15	0,76	-0,05	0,0025
16	0,68	-0,13	0,0169
17	0,96	0,15	0,0225
18	0,97	0,16	0,0256
19	0,97	0,16	0,0256
20	0,97	0,16	0,0256
21	0,77	-0,04	0,0016
22	0,91	0,1	0,01
23	0,90	0,09	0,0081
24	0,79	-0,02	0,0004
25	0,8	-0,01	0,0001
26	0,81	0	0
27	0,82	0,01	0,0001
28	0,83	0,02	0,0004
29	0,84	0,03	0,0009
30	0,84	0,03	0,0009
31	0,87	0,06	0,0036
32	0,8	-0,01	0,0001
33	0,79	-0,02	0,0004
34	0,77	-0,04	0,0016
35	0,78	-0,03	0,0009
N=35	$\sum_{i=1}^{35} (t_1/t_2)_i = 28,52$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i] = 0$	$\sum [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]^2 = 0,286$

ცხრილი 13

შავი ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ფარდობითი ტემპერატურის საველე მონაცემები (2015 წლის 5 დეკემბერი, ზამთარი)

№	$(t_1/t_2)_i$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]$	$[(t_1/t_2)_i - (t_1/t_2)_i]^2$
1	2	3	4
1	0,58	0,03	0,0009
2	0,58	0,03	0,0009
3	0,63	0,08	0,0064
4	0,63	0,08	0,0064
5	0,63	0,09	0,0081
6	0,65	0,1	0,001
7	0,62	0,07	0,0049
8	0,58	0,03	0,0009
9	0,58	0,03	0,0009
10	0,58	0,03	0,0009
11	0,59	0,04	0,0016
12	0,33	-0,22	0,0484
13	0,58	0,03	0,0009
14	0,57	0,02	0,0004
15	0,59	0,04	0,0016
16	0,63	0,08	0,0064
17	0,3	-0,25	0,0625
18	0,68	0,13	0,0169
19	0,58	0,03	0,0009
20	0,58	0,03	0,0009
21	0,58	0,03	0,0009
22	0,61	0,06	0,0036
23	0,57	0,02	0,0004
24	0,61	0,06	0,0036
25	0,61	0,06	0,0036

ცხრილი 13 (გაგრძელება)

1	2	3	4
26	0,56	0,01	0,0001
27	0,59	0,04	0,0016
28	0,55	0	0
29	0,55	0	0
30	0,56	0,01	0,0001
31	0,37	-0,18	0,0324
32	0,3	-0,25	0,0625
33	0,37	-0,18	0,0324
34	0,37	-0,18	0,0324
35	0,37	-0,18	0,0324
N=35	$\sum(t_1/t_2)_{i=}$ = 19,56	$\sum[(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]=0$	$\sum[(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)_i]^2 = 0,378$

3.2. შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) პროგნოზი

შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრებიდან ერთ-ერთი განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ზღვის წყლის მარილიანობის დადგენას, რომელიც ძირითადად განსაზღვრავს ფლორისა და ფაუნის თანამედროვე მდგომარეობას. საველე კვლევების შედეგად მიღებული სტატისტიკური რიგი – 140 წერტილის ოდენობით – საშუალებას იძლევა, საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით დადგინდეს შავ ზღვაში მარილიანობის ცვლილების დასადგენი ფუნქციის განაწილების კანონი.

საველე კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილებში 14÷17.

ცხრილი 14

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) საველე მონაცემები
(2015 წლის 21-30 აპრილი, გაზაფხული)

№	$(TDS)_i$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2$
1	2	3	4
1	13,45	1,79	3,2041
2	12,54	0,88	0,7744
3	13,2	1,54	2,3716
4	13,23	1,57	2,4649
5	12,8	1,14	1,2996
6	12,88	1,22	1,4884
7	6,6	-5,06	25,6036
8	11,8	0,14	0,0196
9	8,66	-3	9
10	7,07	-4,59	21,0681
11	13,2	1,54	2,3716
12	12,86	1,2	1,44
13	6,23	-5,43	29,4849
14	6,15	-5,51	30,3601
15	11,3	-0,36	0,1296
16	5,23	-6,43	41,3449
17	12,98	1,32	1,7424
18	14,65	2,99	8,9401
19	13,87	2,21	4,8841
20	15,27	3,61	13,0321
21	4,34	-7,32	53,5824
22	12,9	1,24	1,5376
23	11,76	0,1	0,01
24	12,67	1,01	1,0201
25	13,5	1,84	3,3856
26	13,6	1,94	3,7636

ცხრილი 14 (გაგრძელება)

1	2	3	4
27	7,22	-4,44	19,7136
28	15,32	3,66	13,3956
29	6,37	-5,29	27,9841
30	13,6	1,94	3,7636
31	7,8	-3,86	14,8996
32	15,12	3,46	11,9716
33	14,45	2,79	7,7841
34	7,67	-3,99	15,9201
35	12,67	1,01	1,0201
N=35	$\sum(TDS)_i = 408,08$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})] = 0$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2 = 380,776$

ცხრილი 15

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) საველე მონაცემები
(2015 წლის 6 ივნისი, ზაფხული)

№	$(TDS)_i$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2$
1	2	3	4
1	25,7	0,35	0,1225
2	27,1	1,75	3,0625
3	25,8	0,45	0,2025
4	28,2	2,85	8,1225
5	18,8	-6,55	42,9025
6	18,6	-6,75	45,5625
7	26,8	1,45	2,1025
8	27,8	2,45	6,0025
9	25,8	0,45	0,2025
10	25,7	0,35	0,1225
11	26,4	1,05	1,1025

ცხრილი 15 (გაგრძელება)

1	2	3	4
12	23,5	-1,85	3,4225
13	24,7	-0,65	0,4225
14	26,3	0,95	0,9025
15	26,9	1,55	2,4025
16	7,22	-18,13	328,6969
17	24,2	-1,15	1,3225
18	26	0,65	0,4225
19	26,7	1,35	1,8225
20	26,8	1,45	2,1025
21	26,7	1,35	1,8225
22	26,3	0,95	0,9025
23	26,3	0,95	0,9025
24	14,7	-10,65	113,4225
25	26,7	1,35	1,8225
26	26,5	1,15	1,3225
27	26,3	0,95	0,9025
28	24,3	-1,05	1,1025
29	24,4	-0,95	0,9025
30	25,3	-0,05	0,0025
31	24,8	-0,55	0,3025
32	27,3	1,95	3,8025
33	28,2	2,85	8,1225
34	28,1	2,75	7,5625
35	15,3	-10,05	101,0025
N=35	$\sum(TDS)_i = 887,52$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})] = 0$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2 = 694,9219$

ცხრილი 16

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) საველე მონაცემები
(2015 წლის 24 ოქტომბერი, შემოდგომა)

№	$(TDS)_i$	$[(TDS)_i - (\overline{TDS})]$	$[(TDS)_i - (\overline{TDS})]^2$
1	2	3	4
1	13,41	2,02	4,0804
2	12,45	1,06	1,1236
3	13,11	1,72	2,9584
4	13,18	1,79	3,2041
5	12,65	1,26	1,5876
6	12,77	1,41	1,9881
7	6,58	-4,78	22,8484
8	11,76	0,37	0,1369
9	8,46	-2,93	8,5849
10	7,01	-4,38	19,1844
11	13,11	1,72	2,9584
12	12,76	1,37	1,8769
13	6,1	-5,29	27,9841
14	6,09	-5,3	28,09
15	11	-0,39	0,1521
16	5,09	-6,3	39,69
17	12,87	1,48	2,1904
18	14,58	3,19	10,1761
19	13,81	2,42	5,8564
20	15,21	3,82	14,5924
21	4,31	-7,08	50,1264
22	12,7	1,31	1,7161
23	11,29	-0,1	0,01
24	12,45	1,06	1,1236
25	13,12	1,73	2,9929
26	13,28	1,89	3,5721
27	6,87	-4,52	20,4304

ცხრილი 16 (გაგრძელება)

1	2	3	4
28	14,89	3,5	0,1225
29	5,87	-5,52	30,4704
30	13,34	1,95	3,8025
31	6,89	-4,5	0,2025
32	14,36	2,97	8,8209
33	14,14	2,75	7,5625
34	7,23	-4,16	17,3056
35	11,78	0,39	0,1521
N=35	$\sum(TDS)_i = 398,88$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})] = 0$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2 = 347,6741$

ცხრილი 17

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) სავლე მონაცემები
(2015 წლის 5 დეკემბერი, ზამთარი)

№	$(TDS)_i$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2$
1	2	3	4
1	13.25	2.26	5.1076
2	12.31	1.32	1.7424
3	13.1	2.11	4.4521
4	13.07	2.08	4.3264
5	12.41	1.42	2.0164
6	12.51	1.52	2.3104
7	6.43	-4.56	20.7936
8	6.43	-4.56	20.7936
9	11.7	0.71	0.5041
10	8.36	-2.63	6.9169
11	7	-3.99	15.9201
12	12.96	1.97	3.8809
13	12.7	1.71	2.9241

ცხრილი 17 (გაგრძელება)

1	2	3	4
14	5.95	-5.04	25.4016
15	6	-4.99	24.9001
16	12.93	1.94	3.7636
17	4.96	-6.03	36.3609
18	11.7	0.71	0.5041
19	12.51	1.52	2.3104
20	15	4.01	16.0801
21	4.25	-6.74	45.4276
22	12.4	1.41	1.9881
23	11.12	0.13	0.0169
24	12.33	1.34	1.7956
25	13	2.01	4.0401
26	13.17	2.18	4.7524
27	6.5	-4.49	20.1601
28	13.44	2.45	6.0025
29	5.61	-5.38	28.9444
30	13.11	2.12	4.4944
31	6.58	-4.41	19.4481
32	13.96	2.97	8.8209
33	14	3.01	9.0601
34	7.11	-3.88	15.0544
35	11.66	0.67	0.4489
N=35	$\sum(TDS)_i = 384,64$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})] = 0$	$\sum[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2 = 371,47$

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) საშუალო მნიშვნელობა ტოლია:

$$(\bar{TDS}) = \frac{\sum_{i=1}^n (TDS)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{140} 2079,12}{140} = 14,85 \quad (5)$$

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (*TDS*) ჰისტოგრამის გრაფიკის ასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ მარილიანობის (*TDS*) მნიშვნელობების გადანაწილება ინტერვალებში და ამ სიდიდეების სიხშირე (*m_i*), რომელთა სიდიდეებიც მოყვანილია მე-18 ცხრილში.

ცხრილი 18

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (*TDS*) მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

ინტერვალები (<i>TDS</i>)	0–6	6–12	12–18	18–24	24–30
სიხშირე, <i>m_i</i>	14	36	59	2	29
<i>f(TDS)</i>	0,100	0,257	0,421	0,014	0,207

მე-18 ცხრილში მოყვანილი შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (*TDS*) ფუნქციის სიდიდე ინტერვალებში გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$f(TDS) = m_i / N, \tag{6}$$

სადაც, *N* არის მარილიანობის (*TDS*) სტატისტიკური რიგის რაოდენობა, რომელიც ჩვენი კონკრეტული მაგალითისთვის ტოლია *N* = 140.

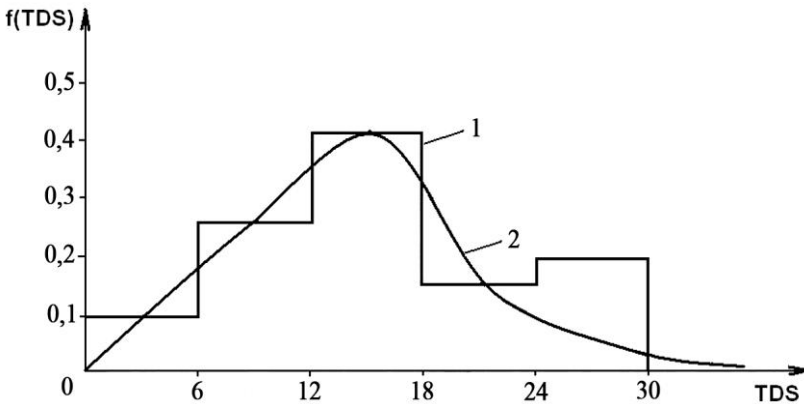
შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (*TDS*) მათემატიკური ლოდინი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$m = \sum_{i=1}^n f(TDS) = 0,10 \cdot 3,0 + 0,257 \cdot 9,0 + 0,421 \cdot 15,0 + 0,014 \cdot 21,0 + 0,207 \cdot 27,0 = 14,81 \tag{7}$$

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (*TDS*) საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(TDS)_i - (\overline{TDS})]^2}{N}} = \sqrt{\frac{1804,34}{140}} = 3,59. \quad (8)$$

მე-18 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ვაგებთ შავი ზღვის მარილიანობის (*TDS*) ჰისტოგრამასა და შესაბამის თეორიულ მრუდს, რომლის გრაფიკებიც მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 2. შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (*TDS*) ჰისტოგრამის გრაფიკი და შესაბამისი თეორიული განაწილების მრუდი

3.3. შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) პროგნოზი

საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის აკვატორიაში ჩვენ მიერ ჩატარებული საველე კვლევები, რომელთა სტატისტიკურმა რიგმა ასევე შეადგინა 140 წერტილი, ასევე იძლევა საშუალებას დადგენილ იქნეს ზღვის წყლის

მჟავიანობა (pH), სტატისტიკური მონაცემები მოყვანილია ცხრილებში 19÷22.

ცხრილი 19

**შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) სველე მონაცემები
(2015 წლის 21-30 აპრილი, გაზაფხული)**

№	(pH)_i	[(pH)_i - (pH)]	[(pH)_i - (pH)]²
1	2	3	4
1	8,49	-0,12	0,0144
2	8,38	-0,23	0,0529
3	8,42	-0,19	0,0361
4	8,37	-0,24	0,0576
5	8,38	-0,23	0,0529
6	8,42	-0,19	0,0361
7	8,23	-0,38	0,1444
8	8,34	-0,27	0,0729
9	8,36	-0,25	0,0625
10	8,11	-0,5	0,25
11	8,28	-0,33	0,1089
12	8,27	-0,34	0,1156
13	8,38	-0,23	0,0529
14	8,32	-0,29	0,0841
15	8,35	-0,25	0,0625
16	8,29	-0,32	0,1024
17	8,43	-0,18	0,0324
18	8,56	-0,05	0,0025
19	8,45	-0,16	0,0256
20	8,21	-0,4	0,16
21	8,45	-0,16	0,0256
22	8,43	-0,18	0,0324
23	8,38	-0,23	0,0529
24	8,36	-0,25	0,0625

ცხრილი 19 (გაგრძელება)

1	2	3	4
25	8,43	-0,18	0,0324
26	8,25	-0,36	0,1296
27	8,34	-0,27	0,0729
28	8,39	-0,22	0,0484
29	8,41	-0,2	0,04
30	8,48	-0,13	0,0169
31	8,72	0,11	0,0121
32	8,37	-0,24	0,0576
33	8,32	-0,29	0,0841
34	8,29	-0,32	0,1024
35	8,32	-0,29	0,0841
N=35	$\sum (\text{pH})_i = 301,35$	$\sum [(\text{pH})_i - (\overline{\text{pH}})] = 0$	$\sum [(\text{pH})_i - (\overline{\text{pH}})]^2 = 2,3806$

ცხრილი 20

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) სავლე მონაცემები
(2015 წლის 6 ივნისი, ზაფხული)

№	$(\text{pH})_i$	$[(\text{pH})_i - (\overline{\text{pH}})]$	$[(\text{pH})_i - (\overline{\text{pH}})]^2$
1	2	3	4
1	8,35	-0,2	0,004
2	8,49	-0,06	0,0036
3	8,44	-0,11	0,0121
4	8,41	-0,14	0,0196
5	8,34	-0,21	0,0441
6	8,31	-0,24	0,0576
7	8,38	-0,17	0,0289
8	8,41	-0,14	0,0196
9	8,38	-0,17	0,0289

ცხრილი 20 (გაგრძელება)

1	2	3	4
10	8,47	-0,08	0,0064
11	8,35	-0,2	0,004
12	8,33	-0,22	0,0484
13	8,49	-0,06	0,0036
14	8,33	-0,22	0,0484
15	8,45	-0,1	0,01
16	8,2	-0,35	0,1225
17	8,44	-0,11	0,0121
18	8,28	-0,27	0,0729
19	8,38	-0,17	0,0289
20	8,34	-0,21	0,0441
21	8,33	-0,22	0,0484
22	8,31	-0,34	0,1156
23	8,2	-0,35	0,1225
24	7,96	-0,59	0,3481
25	8,35	-0,2	0,04
26	8,33	-0,22	0,0484
27	8,37	-0,18	0,0324
28	8,25	-0,3	0,09
29	8,26	-0,29	0,0841
30	8,37	-0,18	0,324
31	7,71	-0,84	0,7056
32	8,36	-0,19	0,0361
33	8,35	-0,2	0,04
34	8,35	-0,2	0,04
35	7,89	-0,66	0,4356
N=35	$\sum (\text{pH})_i = 299,32$	$\sum [(\text{pH})_i - \overline{(\text{pH})}] = 0$	$\sum [(\text{pH})_i - \overline{(\text{pH})}]^2 = 3,1305$

ცხრილი 21

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) საველე მონაცემები
(2015 წლის 24 ოქტომბერი, შემოდგომა)

№	$(\text{pH})_i$	$[(\text{pH})_i - \overline{(\text{pH})}]$	$[(\text{pH})_i - \overline{(\text{pH})}]^2$
1	2	3	4
1	8,41	-0,15	0,0225
2	8,32	-0,24	0,0576
3	8,4	-0,16	0,0256
4	8,31	-0,25	0,0625
5	8,37	-0,19	0,0289
6	8,41	-0,15	0,0225
7	8,18	-0,38	0,1444
8	8,29	-0,37	0,1369
9	8,32	-0,24	0,0576
10	8,07	-0,49	0,2401
11	8,22	-0,34	0,1156
12	8,19	-0,37	0,1369
13	8,33	-0,23	0,0576
14	8,28	-0,38	0,1444
15	8,32	-0,24	0,0576
16	8,21	-0,35	0,1225
17	8,39	-0,17	0,0289
18	8,51	-0,05	0,0025
19	8,41	-0,15	0,0225
20	8,17	-0,39	0,1521
21	8,41	-0,15	0,0225
22	8,37	-0,19	0,0361
23	8,34	-0,22	0,0484
24	8,31	-0,25	0,0625
25	8,41	-0,15	0,0225
26	8,17	-0,39	0,1521
27	8,29	-0,37	0,1369

ცხრილი 21 (გაგრძელება)

1	2	3	4
28	8,33	-0,23	0,0529
29	8,38	-0,18	0,0324
30	8,44	-0,12	0,0144
31	8,66	0,1	0,01
32	8,32	-0,24	0,0576
33	8,29	-0,37	0,1369
34	8,25	-0,31	0,0961
35	8,3	-0,26	0,0676
N=35	$\sum (pH)_i = 299,7$	$\sum [(pH)_i - (\overline{pH})] = 0$	$\sum [(pH)_i - (\overline{pH})]^2 = 2,588$

ცხრილი 22

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) სავლე მონაცემები
(2015 წლის 5 დეკემბერი, ზამთარი)

№	$(pH)_i$	$[(pH)_i - (\overline{pH})]$	$[(pH)_i - (\overline{pH})]^2$
1	2	3	4
1	8,35	0,11	0,0121
2	8,21	-0,03	0,0009
3	8,3	0,06	0,0036
4	8,25	0,01	0,0001
5	8,31	0,07	0,0049
6	8,35	0,11	0,0121
7	8,07	0,17	0,0289
8	8,11	-0,13	0,0169
9	8,18	-0,06	0,0036
10	8	-0,24	0,0576
11	8,14	-0,1	0,01
12	8,09	-0,15	0,0225
13	8,23	-0,01	0,0001
14	8,19	-0,05	0,0025

ცხრილი 22 (გაგრძელება)

1	2	3	4
15	8,17	-0,07	0,0049
16	8,15	-0,09	0,0081
17	8,21	-0,03	0,0009
18	8,37	0,13	0,0169
19	8,4	0,16	0,0256
20	8,08	-0,16	0,0256
21	8,27	0,03	0,0009
22	8,14	-0,1	0,01
23	8,21	-0,03	0,0009
24	8,17	-0,07	0,0049
25	8,33	0,09	0,0081
26	8,04	-0,2	0,0004
27	8,11	-0,13	0,0169
28	8,27	0,03	0,0009
29	8,29	0,05	0,0025
30	8,31	0,07	0,0049
31	8,5	0,26	0,0676
32	8,25	0,01	0,0001
33	8,21	-0,03	0,0009
34	8,17	-0,07	0,0047
35	8,21	-0,03	0,0009
N=35	$\sum (pH)_i = 288,38$	$\sum [(pH)_i - (\overline{pH})] = 0$	$\sum [(pH)_i - (\overline{pH})]^2 = 0,3824$

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) საშუალო მნიშვნელობა ტოლია:

$$(\overline{Ph}) = \frac{\sum_{i=1}^n (Ph)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{140} 1188,75}{140} = 8,49. \quad (9)$$

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) ჰისტოგრამის გრაფიკის ასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ მჟავიანობის (pH) მნიშვნელობების გადანაწილება ინტერვალებში და ამ სიდიდეების სიხშირე (m_i), რომელთა სიდიდეებიც მოყვანილია 23-ე ცხრილში.

ცხრილი 23

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

ინტერვალები, (pH)	7,7 – 8,0	8,0 – 8,3	8,3 – 8,6	8,6 – 8,9
სიხშირე, m_i	4	50	84	2
$f(pH)$	0,028	0,357	0,600	0,014

23-ე ცხრილში მოყვანილი შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) ფუნქციის სიდიდე ინტერვალებში გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$f(pH) = m_i / N, \tag{10}$$

სადაც, N არის მჟავიანობის (pH) სტატისტიკური რიგის რაოდენობა, რომელიც ჩვენი კონკრეტული მაგალითისათვის ტოლია $N = 140$.

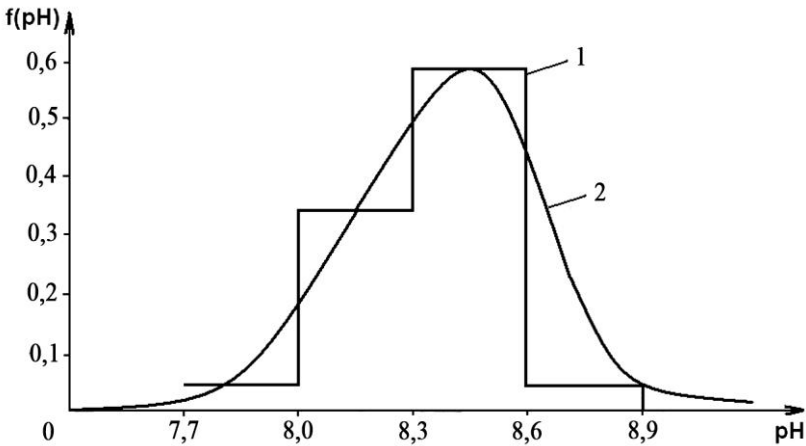
შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) მათემატიკური ლოდინი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$m = \sum_{i=1}^n f(Ph) = 0,028 \cdot 7,85 + 0,357 \cdot 8,15 + 0,600 \cdot 8,45 + 0,014 \cdot 8,75 = 8,32 \tag{11}$$

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH), საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(Ph)_i - (\bar{Ph})]^2}{N}} = \sqrt{\frac{8,4815}{140}} = 0,25. \quad (12)$$

23-ე ცხრილის მონაცემების მიხედვით ვაგებთ შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH), ჰისტოგრამასა და შესაბამისი თეორიული განაწილების მრუდს, რომლის გრაფიკებიც მოცემულია მე-3 ნახაზზე.



ნახ. 3. შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) ჰისტოგრამის გრაფიკი და შესაბამისი თეორიული განაწილების მრუდი

ამრიგად, სტატისტიკურ მასალაზე დაყრდნობით, რომელთა რიგი უტოლდება 420 წერტილს, საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით დადგენილია შავი ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის (t_2) ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2), წყლის მარილიანობისა (TDS) და მჟავიანობის (pH) ფუნქციის სიმკვრივის განაწილების კანონი.

3.4. საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში შავი ზღვის წყლის ეკოლოგიური პარამეტრების დამუშავების მიზნით, რომელშიც გათვალისწინებულია ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლების პროგნოზი, გამოყენებულ იქნა ის სტატისტიკური რიგი, რომელიც შექმნილია ჩვენ მიერ ჩატარებული საველე-ექსპერიმენტული და ლაბორატორიული კვლევების მიხედვით, მათი რაოდენობრივი მაჩვენებლები და სტატისტიკური მეთოდით გაანგარიშებები მოყვანილია ცხრილებში 24-27.

ცხრილი 24

შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების საველე მონაცემები

№	ფარდობითი ტემპერატურა (t_1/t_2)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
1	2	3	4
1	0,91	8,33	12,8
2	0,86	8,08	6,97
3	0,90	8,30	11,2
4	0,83	8,38	12,3
5	0,87	8,33	13,5
6	0,78	8,38	12,3
7	0,87	8,37	13,1
8	0,83	8,22	6,25
9	0,78	8,32	9,29

ცხრილი 24 (გაგრძელება)

1	2	3	4
10	0,78	8,29	10,4
11	0,79	8,53	12,3
12	0,76	8,42	11,80
13	0,78	8,6	6,22
14	0,94	8,53	10,8
15	0,78	6,56	7,09
16	0,89	8,53	5,84
17	0,58	8,56	12,1
18	0,58	8,01	6,34
19	0,89	8,53	5,84
20	0,92	8,03	10,82
21	0,92	8,22	6,60
22	0,86	8,42	11,80
23	0,85	8,13	6,15
24	0,90	8,36	11,67
25	0,82	7,71	6,76
26	0,78	8,37	15,12
27	0,78	7,84	6,37
28	0,78	8,65	13,34
29	0,77	8,32	12,67
30	0,76	8,52	13,45
31	0,33	8,22	23,3
32	0,40	8,41	25,6
33	0,50	8,18	15,6
34	0,50	8,31	26,9
35	0,53	8,34	16,3
36	0,55	7,97	25,6
37	0,60	8,35	26,2
38	0,50	7,85	25,1
39	0,55	8,21	25,6
40	0,55	8,13	26,8

24-ე ცხრილში მოყვანილი შავ ზღვაზე გაზომილი ეკოლოგიური პარამეტრების გამოყენებით ჩავატარეთ გაანგარიშებები სტატისტიკური მეთოდით, რომელთა მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილებში 25÷27.

ცხრილი 25

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის $(t_1/t_2)_i$ სტატისტიკური გაანგარიშება

№	ფარდობითი ტემპერატურის $(t_1/t_2)_i$ მნიშვნელობები	$[(t_1 / t_2) - (t_1 \bar{t}_2)]$	$[(t_1 / t_2) - (t_1 \bar{t}_2)]^2$
1	2	3	4
1	0,91	0,24	0,0576
2	0,86	0,19	0,0361
3	0,90	0,23	0,0529
4	0,83	0,16	0,0256
5	0,87	0,17	0,0289
6	0,78	0,11	0,0121
7	0,87	0,17	0,0289
8	0,83	0,16	0,0256
9	0,78	0,11	0,0121
10	0,78	0,11	0,0121
11	0,79	0,12	0,0144
12	0,76	0,09	0,0081
13	0,78	0,11	0,0121
14	0,94	0,27	0,0729
15	0,78	0,11	0,0121
16	0,89	0,22	0,0484

ცხრილი 25 (გაგრძელება)

1	2	3	4
17	0,58	-0,09	0,0081
18	0,58	-0,09	0,0081
19	0,89	0,22	0,0484
20	0,92	0,25	0,0625
21	0,92	0,25	0,0625
22	0,86	0,19	0,0361
23	0,85	0,18	0,0324
24	0,90	0,23	0,0529
25	0,82	0,15	0,0225
26	0,78	0,11	0,0121
27	0,78	0,11	0,0121
28	0,78	0,11	0,0121
29	0,77	0,1	0,01
30	0,76	0,09	0,0081
31	0,33	-0,34	0,1156
32	0,4	-0,27	0,0729
33	0,5	-0,17	0,0289
34	0,5	-0,17	0,0289
35	0,53	-0,14	0,0196
36	0,55	-0,12	0,0144
37	0,6	-0,07	0,0049
38	0,5	-0,17	0,0289
39	0,55	-0,12	0,0144
40	0,55	-0,12	0,0144
ჯამი	26,81	2,57	1,1907

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH)_i
სტატისტიკური გაანგარიშება

№	(pH) _i ფარდობითი მნიშვნელობები	$[(pH) - (p\bar{H})]$	$[(t_1 / t_2) - (t_1 \bar{t}_2)]^2$
1	2	3	4
1	0,91	0,24	0,0576
2	0,86	0,19	0,0361
3	0,90	0,23	0,0529
4	0,83	0,16	0,0256
5	0,87	0,17	0,0289
6	0,78	0,11	0,0121
7	0,87	0,17	0,0289
8	8,22	-0,03	0,0009
9	8,32	0,07	0,0049
10	8,29	0,04	0,0016
11	8,53	0,28	0,0784
12	8,42	0,17	0,0289
13	8,6	0,35	0,1225
14	8,53	0,28	0,0784
15	6,56	-1,69	2,8561
16	8,53	0,28	0,0784
17	8,56	0,31	0,0961
18	8,01	-0,24	0,0576
19	8,53	0,28	0,0784
20	8,03	-0,22	0,0484
21	8,22	-0,03	0,0009
22	8,42	0,17	0,0289
23	8,13	-0,12	0,0144
24	8,36	0,11	0,0121
25	7,71	-0,54	0,2916
26	8,37	0,12	0,0144

ცხრილი 26 (გაგრძელება)

1	2	3	4
27	7,84	-0,41	0,1681
28	8,65	0,4	0,16
29	8,32	0,07	0,0049
30	8,52	0,27	0,0729
31	8,22	-0,03	0,0009
32	8,41	0,16	0,0256
33	8,18	-0,07	0,0049
34	8,31	0,06	0,0036
35	8,34	0,09	0,0081
36	7,97	-0,28	0,0784
37	8,35	0,1	0,01
38	7,85	-0,4	0,16
39	8,21	-0,04	0,0016
40	8,13	-0,12	0,0144
ჯამი	329,8	4,2	4,6987

ცხრილი 27

შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS)_i

სტატისტიკური გაანგარიშება

№	წყლის მარილიანობის (TDS) _i მნიშვნელობები	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]$	$[(TDS)_i - (\bar{TDS})]^2$
1	2	3	4
1	12,8	-0,65	0,4225
2	6,97	-6,48	41,9904
3	11,2	-2,25	5,0625
4	12,3	-1,15	1,3225
5	13,5	0,05	0,0025
6	12,3	-1,15	1,3225

ცხრილი 27 (გაგრძელება)

1	2	3	4
7	13,1	-0,35	0,1225
8	6,25	-7,2	51,84
9	9,29	-4,16	17,3056
10	10,4	-3,05	9,3025
11	12,3	-1,15	1,3225
12	11,8	-1,65	2,7225
13	6,22	-7,23	52,2729
14	10,8	-2,65	7,0225
15	7,09	-6,36	40,4496
16	5,84	-7,61	57,9121
17	12,1	-1,35	1,8225
18	6,34	-7,11	50,5521
19	5,84	-7,61	57,9121
20	10,82	-2,63	6,9169
21	6,6	-6,85	46,9225
22	11,8	-1,65	2,7225
23	6,15	-7,3	53,29
24	11,67	-1,78	3,1684
25	6,76	-6,69	44,7561
26	15,12	1,67	2,7889
27	6,37	-7,08	50,1264
28	13,34	-0,11	0,0121
29	12,67	-0,78	0,6084
30	13,45	0	0
31	23,3	9,85	97,0225
32	25,6	12,15	147,6225
33	15,6	2,15	4,6225
34	26,9	13,45	180,9025
35	16,3	2,85	8,1225

ცხრილი 27 (გაგრძელება)

1	2	3	4
36	25,6	12,15	147,6225
37	26,2	12,75	162,5625
38	25,1	11,65	135,7225
39	25,6	12,15	147,6225
40	26,8	13,35	178,2225
ჯამი	538,2	104,22	1822,04

შავი ზღვის წყლის ტემპერატურის ფარდობითი (t_1/t_2) მნიშვნელობის საშუალო სიდიდე ტოლია:

$$(t_1/t_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (t_1/t_2)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{40} 26,81}{40} = 0,67 \quad (13)$$

წყლის მჟავიანობის (pH) –

$$(pH) = \frac{\sum_{i=1}^n (pH)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{40} 329,81}{40} = 8,25 \quad (14)$$

მარილიანობის (TDS) შემთხვევაში კი ტოლია:

$$(TDS) = \frac{\sum_{i=1}^n (TDS)_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{40} 538,19}{40} = 13,45 \quad (15)$$

27-ე ცხრილში მოყვანილი სტატისტიკური მასალის გამოყენებით ვაგებთ ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) ჰისტოგრამებს, რომლის მონაცემებიც მოცემულია ცხრილებში 28÷30.

ცხრილი 28

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

ინტერვალები (t_1/t_2)	0–0,33	0,33–0,66	0,66–0,99
სიხშირე, m_i	1	11	28
$f(t_1/t_2)$	0,025	0,275	0,700

ცხრილი 29

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

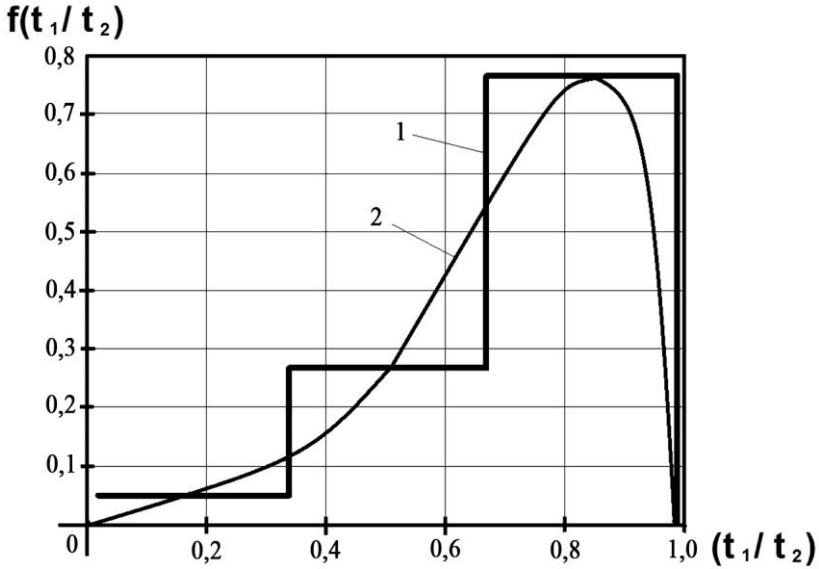
ინტერვალები (pH)	6-7	7-8	8-9
სიხშირე, m_i	1	4	35
f (pH)	0,025	0,100	0,875

ცხრილი 30

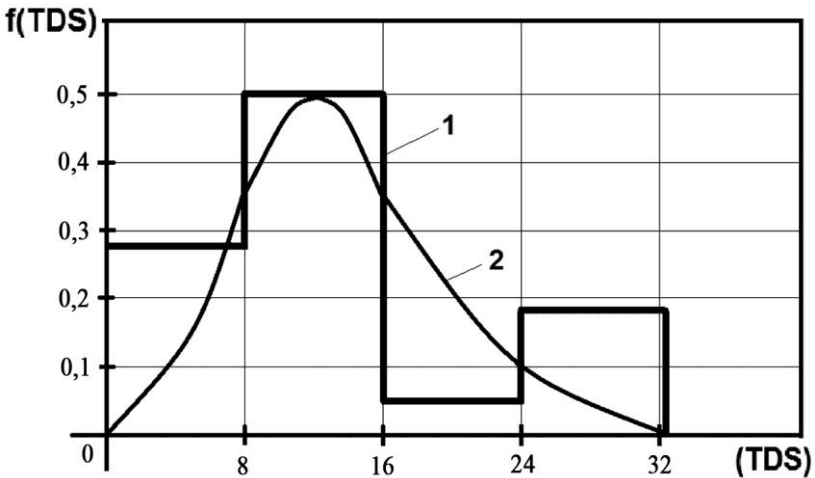
შავი ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) მნიშვნელობები შესაბამისი ინტერვალებით

ინტერვალები (TDS)	0–8	8–16	16–24	24–32
სიხშირე, m_i	11	20	2	7
f (TDS)	0,275	0,500	0,050	0,0175

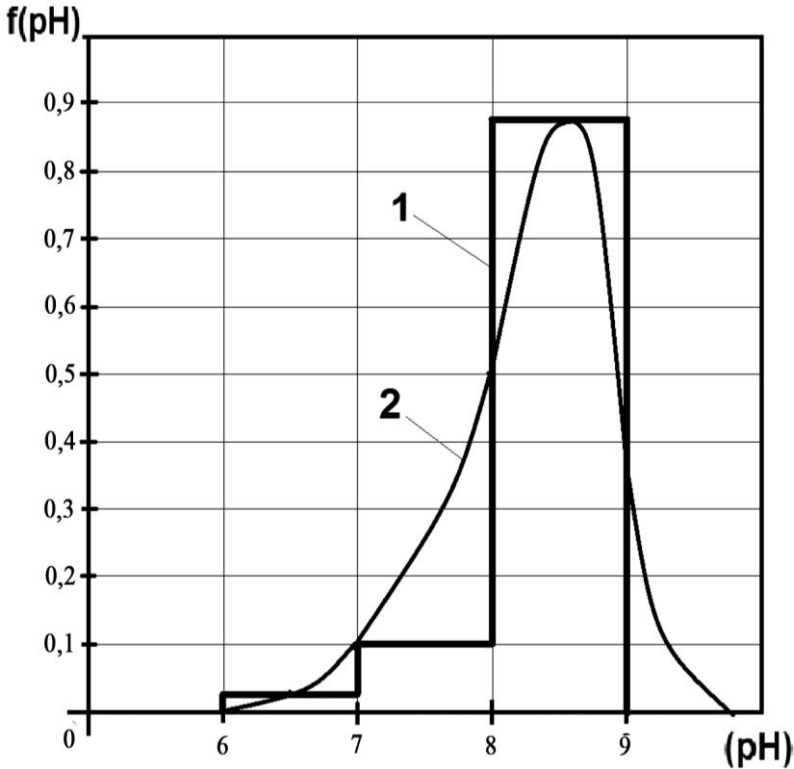
საველე-ექსპერიმენტული კვლევებისა და სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით (ცხრ. 5, 6 და 7) აგებულია საკვლევი სიდიდეების ჰისტოგრამა და თეორიული განაწილების მრუდი, რომელთა გრაფიკებიც მოცემულია ნახაზებზე (ნახ. 4, 5 და 6).



ნახ. 4. ზღვის წყლის ტემპერატურისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2) ჰისტოგრამა (1) და თეორიული განაწილების გრაფიკი (2)



ნახ. 5. ზღვის წყლის მარილიანობის (TDS) ჰისტოგრამა (1) და თეორიული განაწილების გრაფიკი (2)



ნახ. 6. ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) ჰისტოგრამა (1)
და თეორიული განაწილების გრაფიკი (2)

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/t_2) მათემატიკური ლოდინი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$m_{(t_1/t_2)} = \sum_{i=1}^n f(t_1/t_2) = 0,165 \cdot 0,025 +$$

$$+ 0,495 \cdot 0,275 + 0,825 \cdot 0,70 = 0,717 \quad (16)$$

შავი ზღვის წყლისა და ჰაერის ფარდობითი ტემპერატურის (t_1/ t_2) საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{(t_1/t_2)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)]^2}{N}} = \sqrt{\frac{1,1907}{40}} = 0,173 \quad (17)$$

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობისათვის (pH) მათემატიკური ლოდინი იქნება:

$$m_{(pH)} = \sum_{i=1}^n f(pH) = 6,5 \cdot 0,025 + 7,5 \cdot 0,10 + 8,5 \cdot 0,875 = 8,344 \quad (18)$$

შავი ზღვის წყლის მჟავიანობისათვის (pH) საშუალო კვადრატული გადახრა ტოლია:

$$\sigma_{(pH)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)]^2}{N}} = \sqrt{\frac{4,6987}{40}} = 0,343 \quad (19)$$

შავი ზღვის წყლის მარილიანობისათვის (TDS) მათემატიკური ლოდინი იქნება:

$$m_{(TDS)} = \sum_{i=1}^n f(TDS) = 6,5 \cdot 0,025 + 7,5 \cdot 0,10 + 8,5 \cdot 0,875 = 8,344 \quad (20)$$

ხოლო მარილიანობის (TDS) საშუალო კვადრატული გადახრა ტოლია:

$$\sigma_{(TDS)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(t_1/t_2)_i - (t_1/\bar{t}_2)]^2}{N}} = \sqrt{\frac{1822,04}{40}} = 6,749 \quad (21)$$

ამრიგად, საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით დადგენილია შავი ზღვის აკვატორიაში წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მარილიანობისა (TDS) და მჟავიანობის (pH) პროგნოზი, რისთვისაც დადგენილია ზემოთ აღნიშნული სიდიდეების ფუნქციის ჰისტოგრამა და თეორიული განაწილების მრუდები [46].

3.5. შავი ზღვის აკვატორიაში ზამთრის სეზონის საველე კვლევების განხორციელება

სადოქტორო საგრანტო პროექტის სამეცნიერო გეგმის მიხედვით შავი ზღვის აკვატორიაში განხორციელდა საველე-სამეცნიერო კვლევები 2016 წლის 25 დეკემბრიდან 2017 წლის 28 თებერვლის ჩათვლით.

შავი ზღვის აკვატორიაში ჩვენ მიერ GPS-კოორდინატებით დაფიქსირებულ რეპერებზე ტრადიციულად გაიზომა წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლები, რომელთა რიცხოვნობრივი მაჩვენებლები მოყვანილია 31-33-ე ცხრილებში.

თუ შევავსებთ გაზომილი სიდიდეების მნიშვნელობებს, დავინახავთ, რომ წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2) მნიშვნელობა იცვლება $(t_1/t_2) = 0,22 \div 0,60$, წყლის მჟავიანობისა (PH) = $7,85 \div 8,42$, ხოლო მარილიანობის რაოდენობრივი მაჩვენებელი კი (TDS) = $7,29 \div 28,1$ საზღვრებში.

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის
ტერმინალებში განხორციელებული საველე კვლევის
შედეგები (25 დეკემბერი, 2016 – 8 იანვარი, 2017)

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		წყლის ტემპერატურა (°C)	ჰაერის ტემპერატურა (°C)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	სარფი	41526956	41548731	9	2	8,21	25,4
2	კვარიათი-1	41545542	41561587	9	2	8,32	27,3
3	კვარიათი-2	41554651	41563841	9	3	8,35	27,6
4	გონიო	41574588	41565589	9	3	8,41	28,1
5	ჭოროხი-მარცხენა სანაპირო	41596952	41569943	9	3	8,22	23,3
6	ჭოროხი-მარჯვენა სანაპირო	41607866	41577288	9	3	8,21	23,6
7	ადლია	41614371	41583944	10	4	8,38	26,4
8	ბათუმი (დეღფინარიუმთან)	41649103	41621114	10	4	8,41	25,6
9	ბათუმი (დასაწყისი)	41650823	41666129	10	4	8,31	25,8
10	ბათუმი (ბენზე)	41662161	41678955	10	5	8,41	25,5
11	მახინჯაური (რკი- ნიგზის სადგურთან)	41677322	41694925	10	5	8,28	26,2
12	ჩაქვი	41723714	41727073	10	5	8,30	23,2
13	ბუკნარი	41747684	41737649	10	4	8,42	23,3
14	ციხისძირი	41772644	41755505	9	4	8,31	26,1
15	ბობოყვათი	41797243	41766211	9	4	8,41	26,0

ცხრილი 31 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8
16	ქობულეთი (მდ. კინტრიშთან)	41811607	41771416	9	5	8,17	7,29
17	ქობულეთი – აღმაშენებლის ქ. 270	41833693	41775383	9	5	8,33	26,4
18	ქობულეთი – აღმაშენებლის ქ. 552	41856175	41777474	9	5	8,17	26,9
19	ქობულეთის ბოლო	41880721	41772763	9	5	8,23	26,8
20	მდ. ჩოლოქი	41895964	41770675	10	5	8,31	24,5
21	მდ. ნატანები	41913572	41767241	10	5	8,27	25,7
22	სოფ. შეკვეთილი	41938746	41764857	10	5	8,32	21,9
23	დაბა ურეკი	41997287	41758008	10	5	8,30	25,9
24	მდ. სუფსა	42016078	41753594	10	5	8,18	15,6
25	სოფ. გრიგოლეთი (დასაწყისი)	42038751	41735281	10	5	8,31	26,9
26	სოფ. გრიგოლეთი (ბოლო)	42056578	41723947	10	6	8,30	26,7
27	მდ. მალთაყვა	42092887	41,695954	10	6	8,32	26,2
28	ქ. ფოთი (მდ. რიონის სამხ. ჩადინ.)	42134187	41659283	10	6	8,31	25,5
29	ქ. ფოთი (მაშველები)	42140873	41657926	10	6	8,33	26,7
30	ქ. ფოთი (მოლი)	42147686	41,655392	10	5	8,35	26,2
31	ნაბადა (მდ. რიონის ჩრდ. ჩადინება)	42177666	41,641295	9	5	7,85	25,1
32	ყულევი	42259918	41,637102	9	5	7,97	25,6
33	ანაკლია (რეპერთან)	42382543	41,577101	9	5	8,11	26,1
34	ანაკლია (სასტუმროსთან)	4238744	41563028	9	5	8,13	26,6
35	ანაკლია (მდ. ენგურის მარცხენა ნაპირი)	42389302	41560674	9	5	8,21	25,6

ცხრილი 32

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში განხორციელებული საველე კვლევის შედეგები (25 დეკემბერი, 2016 – 8 იანვარი, 2017)

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t ₁ /t ₂)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდ. ჭოროხი	41600395	41548731	0,33	8,22	23,3
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,40	8,41	25,6
3	მდ. სუფსა	42016078	41753594	0,50	8,18	15,6
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0,50	8,31	26,9
5	მდ. ხობისწყალი	42259918	41637102	0,53	8,34	16,3
6	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,55	7,97	25,6
7	მდ. რიონი	42134187	41659283	0,60	8,35	26,2
8	ფოთის პორტი	41655297	42147724	0,50	7,85	25,1
9	მდ. ენგური	42389302	41560674	0,55	8,21	25,6
10	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,55	8,13	26,8

ამრიგად, თუ შევადარებთ მიღებულ მონაცემებს ჩვენ მიერ წინა წლებში გაზომილ რაოდენობრივ მნიშვნელობებთან, დავინახავთ, რომ რაოდენობრივი მაჩვენებლები ნორმის ფარგლებშია, განსხვავებით ზღვისა და

ჰაერის ტემპერატურის ფარდობითი მნიშვნელობისა, რომლის მაჩვენებლებიც იცვლება $(t/t_0) = 0,22 \pm 0,60$ ფარგლებში.

ცხრილი 33

საქართველოს საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში განხორციელებული საველე კვლევის შედეგები (25-26 თებერვალი, 2017 წელი)

№	ადგილის დასახელება	GPS - კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა (t/t ₀)	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	მდ. ჭოროხი	41600395	41548731	0,65	8,20	23,1
2	ბათუმის პორტი	41662161	41678955	0,61	8,39	25,3
3	მდ. სუფსა	42016078	41753594	0,62	8,11	15,2
4	ბაქო-თბილისი-სუფსის ნავთობსადენის ტერმინალი	42038751	41735281	0,60	8,13	26,5
5	მდ. ხობისწყალი	42259918	41637102	0,63	8,28	15,8
6	ყულევის ნავთობის ტერმინალი	42276524	41631693	0,54	8,07	25,9
7	მდ. რიონი	42134187	41659283	0,52	8,32	26,8
8	ფოთის პორტი	41655297	42147724	0,53	7,80	24,9
9	მდ. ენგური	42389302	41560674	0,60	8,19	25,2
10	ანაკლიის მშენებარე პორტი	42382543	41577101	0,54	8,09	26,3



სურ. 16. ქ. ბათუმში ზღვის 3-4 - ბალანსი დელტის პროცესი



სურ. 17. ზღვის მიქცევის პროცესი

რაც შეეხება შავი ზღვის აკვატორიის საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში დაფიქსირებულ მონაცემებს, წყლისა (t) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t/t_2), მნიშვნელობა იცვლება (t/t_2) = 0,33±0,60, წყლის მჟავიანობისა (pH) = 7,97±8,41, ხოლო მარილიანობის რაოდენობრივი მაჩვენებელი კი (TDS) = 15,6±26,9 ფარგლებში.

საველე კვლევების განხორციელების პერიოდში ჩვენ მიერ შავ ზღვაში დაფიქსირდა 3-4-ბალიანი შტორმი, სადაც ზღვის სანაპიროზე ტალღის სიმაღლე იცვლებოდა 0,6±1,5 მეტრის ფარგლებში.

მე-15 სურათზე ნაჩვენებია ქ. ბათუმში ზღვის სანაპირო ზოლის საერთო ხედი ზღვის ღელვის პროცესში, ხოლო მე-16 სურათზე კი – ზღვის მიქცევის პროცესი.

3.6. შავი ზღვის წყლის დაბინძურების ლაბორატორიული ქიმიური გამოკვლევა

შავი ზღვის აკვატორიაში, კერძოდ, აჭარის დედაქალაქ ბათუმში, პორტის მიმდებარე ტერიტორიაზე, რომლის გეოგრაფიული კოორდინატებია $X = 41649103$, $Y = 41621114$, აღებულ იქნა წყლის სინჯები და შპს „მულტიტესტში“ ზღვის წყალს ჩაუტარდა ლაბორატორიული ანალიზი. დადგინდა შავი ზღვის წყლის მძიმე მეტალებით – თუთია (Zn^{2+}), რკინა (Fe), კადმიუმი (Cd), სპილენძი (Cu), ტყვია (Pb) დაბინძურების მაჩვენებლები.

ლაბორატორიული კვლევის მონაცემები მოცემულია 34-ე ცხრილში.

შავი ზღვის წყლის მძიმე მეტალებით დაბინძურების
რაოდენობრივი მაჩვენებლები

№	ნივთიერების დასახელება	შედეგი	განზომილება	მეთოდი
1	თუთია (Zn^{2+})	< 0,01	მგ/დმ ³	სსტ ისო 11885:2007
2	რკინა (Fe)	0,11	მგ/ლ	სსტ ისო 11885:2007
3	კადმიუმი (Cd)	0,003	მგ/ლ	სსტ ისო 11885:2007
4	სპილენძი (Cu)	0,008	მგ/ლ	სსტ ისო 11885:2007
5	ტყვია (Pb)	0,0085	მგ/ლ	სსტ ისო 11885:2007

შავი ზღვის დაბინძურების დასადგენად ჩვენ მიერ ჩატარებული ანალიზის შედეგები შედარებულ იქნა ევროპის ურთიერთდახმარების საბჭოს რეკომენდაციებთან, კერძოდ – „წყლის ხარისხის საერთო კრიტერიუმები“, სადაც გამოყოფილია წყლის ხარისხის 6 კლასი, რომლის რაოდენობრივი მაჩვენებლებიც მოცემულია 35-ე ცხრილში.

ჩვენ მიერ ჩატარებული ანალიზის შედეგები შედარებულ იქნა ზემოთ აღნიშნულ კრიტერიუმებთან, რომელთა მიხედვითაც: მეტალების (თუთია, რკინა, კადმიუმი, სპილენძი და ტყვია) შემცველობა შეესაბამება წყლის ხარისხის I კლასს. ასევე შედეგები შედარებულ იქნა ზედაპირული წყლების დაბინძურების სანიტარულ ნორმებთან (СанПиН №4630-88 Министерство здравоохранения СССР

Москва – 1988 г.), რომლის მიხედვითაც ყველა მეტალის შემცველობა ნაკლებია აღნიშნული დოკუმენტით განსაზღვრულ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე. გამოვიყენეთ ასევე საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტოს ზღვისა და მტკნარი წყლების ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ), რომლის მიხედვითაც ყველა პარამეტრიც ნაკლებია ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე.

ცხრილი 35

სამრეწველო არაორგანული დამაბინძურებელი ნივთიერებების მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	წყლის ხარისხის კლასები					
	I	II	III	IV	V	VI
კადმიუმი, მკგ/ლ	<3	5	10	20	30	>30
ტყვია, მკგ/ლ	<10	20	50	100	200	>200
სპილენძი, მკგ/ლ	<20	50	100	200	500	>500
თუთია, მგ/ლ	<0.2	1.0	2.0	5.0	10.0	>10.0

ცხრილი 36

მტკნარი წყლების ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები

მეტალის დასახელება	ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ), მგ/ლ
რკინა (Fe)	0,05
სპილენძი (Cu)	0,05
კადმიუმი (Cd)	0,01
თუთია (Zn)	0,05
ტყვია (Pb)	0,01

36-ე ცხრილში მოცემულია გარემოს ეროვნული სააგენტოს ზღვისა და მტკნარი წყლების ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ).

ამრიგად, საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის წყლის მძიმე მეტალებით დაბინძურების ხარისხი, შეფასებული ევროკავშირისა და საქართველოს ნორმატივების მიხედვით, ნაკლებია აღნიშნული დოკუმენტით განსაზღვრულ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებზე.

თავი 4. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიაური ბაზების საფუძველზე

4.1. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა და მისი კონცეპტუალური მოდელის აგება ობიექტ-როლური მოდელირების (ORM/ERM) საფუძველზე

ჩვენი კვლევის საპრობლემო სფეროა შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემა, კერძოდ, მისთვის მონაცემთა ბაზის დაპროექტება. საწყის ეტაპზე საჭიროა განისაზღვროს ის ობიექტები, რომლებიც აღწერს სინტაქსურად და სემანტიკურად ზღვის ეკოსისტემის ძირითად პარამეტრებს. ჩვენ მიერ ჩატარებული სისტემური ანალიზის საფუძველზე, რომელიც ხორციელდებოდა მიმდინარე საანგარიშო პერიოდში, გამოიკვეთა შემდეგი ობიექტები:

- ზღვა (SeaID, Name, Length_EastWest, Length_North South, Area, Water_volume, Average_depth, Max_depth)
- სანაპირო_ზოლი (...)
- მდინარე (RiverID, Name, Length_inGeorgia)
- მდინარე (RiverID, მდინარის_დასახელება, წყალშემკრები_აუზის_ფართობი, კმ², აბსოლუტური_ნიშნული, მ, მდინარის_სიგრძე, კმ, საშუალო_ქანობი, *i*, აუზის_საშუალო_ სიმაღლე_მონაკვეთზე, მ, ჩამონადენის_საშუალო_მოდული, ლ/წმ.კმ², საშუალო წლიური ხარჯი, მ³/წმ)
- ესტუარი (EstuarID, RiverID, CoordGPSx, CoordGPSy, Area)

- მოწყვლადი_უბანი (Vulnerable_districtsID, CoordGPSx, CoordGPSy, Area, T1/T2, pH, TDS)
- GPS_კოორდინატები (CoordGPSx, CoordGPSy)
- სენსიტიური_უბანი (SensitiveAreasID, CoordGPSx, CoordGPSy)
- უბანი (DistrictID, Name, CoordGPSx, CoordGPSy, Area, T1/T2, pH, TDS)
- წყლის_სინჯის_ფაქტორები (WaterTestID, WaterT1, AirT2, Water_acidityPH, WaterSalinityTDS)
- ეკოლოგიური_პარამეტრი (...)
- რაოდენობრივი_მახასიათებელი (...)
- თვისობრივი_მახასიათებელი (...)
- შავიზღვის_ეკოლოგიური_პრობლემები (...)
- ეკო_უსაფრთხოების_ღონისძიება (ActionID, Name, DateBegin, DateEnd, ...)
- საზღვაო_პორტი (PortID, DistrictsName, CoordGPSx, CoordGPSy) და სხვ. [47÷60].

მონაცემთა ბაზის დაპროექტება უნდა განვახორციელოთ ობიექტ-როლური მოდელირების ინსტრუმენტისა და მისი პრინციპების საფუძველზე [61÷66]. ინსტრუმენტის სახით ვიყენებთ Natural ORM Architect პაკეტს, რომელიც თავსებადია Visual Studio.NET Framework ინტეგრირებულ სისტემასთან [67÷70].

კონცეპტუალური მოდელი (ORM) ან სქემა არის საპრობლემო სფეროს ძირითად ტერმინთა ერთობლიობა და მათ შორის კავშირები, რომლებიც ასახავს საკვლევი სფეროს ბიზნეს-პროცესებს და იგი თეორიულად ეფუძნება კატეგორიული მიდგომისა (ენის გრამატიკული წესები)

და მათემატიკური ლოგიკის (ალგებრის) ერთობლივ გამოყენებას [71÷76].

ასეთი მიდგომა ჩადებულია NORMA-ინსტრუმენტში, რომელიც დამკვეთ-მომხმარებლის ცოდნას დასაპროექტებელი ობიექტების შესახებ გადაიტანს ე.წ. ობიექტების, მათი თვისებებისა და პრედიკატების (ბინარული,... , n-ური) სახით. ობიექტების აღწერა მომხმარებლის მიერ ხდება NORMA პაკეტის სამუშაო ინტერფეისით და შეიტანება ჯერ ერთი ობიექტი, შემდეგ მეორე და ა.შ. [77÷83].

ბოლოს, თვით NORMA-სისტემა გვამღევს ინტეგრირებულ კონცეპტუალურ მოდელს, რომელიც ნაჩვენებია სურ. 18-ზე.

ჩვენ საილუსტრაციოდ აღვწერეთ სამი ობიექტი: „მდინარე“ (River), „ესტუარი“ (Estuar) და „უბანი“ (District). მათ შორის კავშირები აგებულია „has“ („is“, „works“ და სხვ.) პრედიკატებით.

პრედიკატები არის ფაქტები, მაგალითად:

f1: River has RiverName

f2: River has RiverLength

f3: River has Estuar

f4: Estuar has River

...

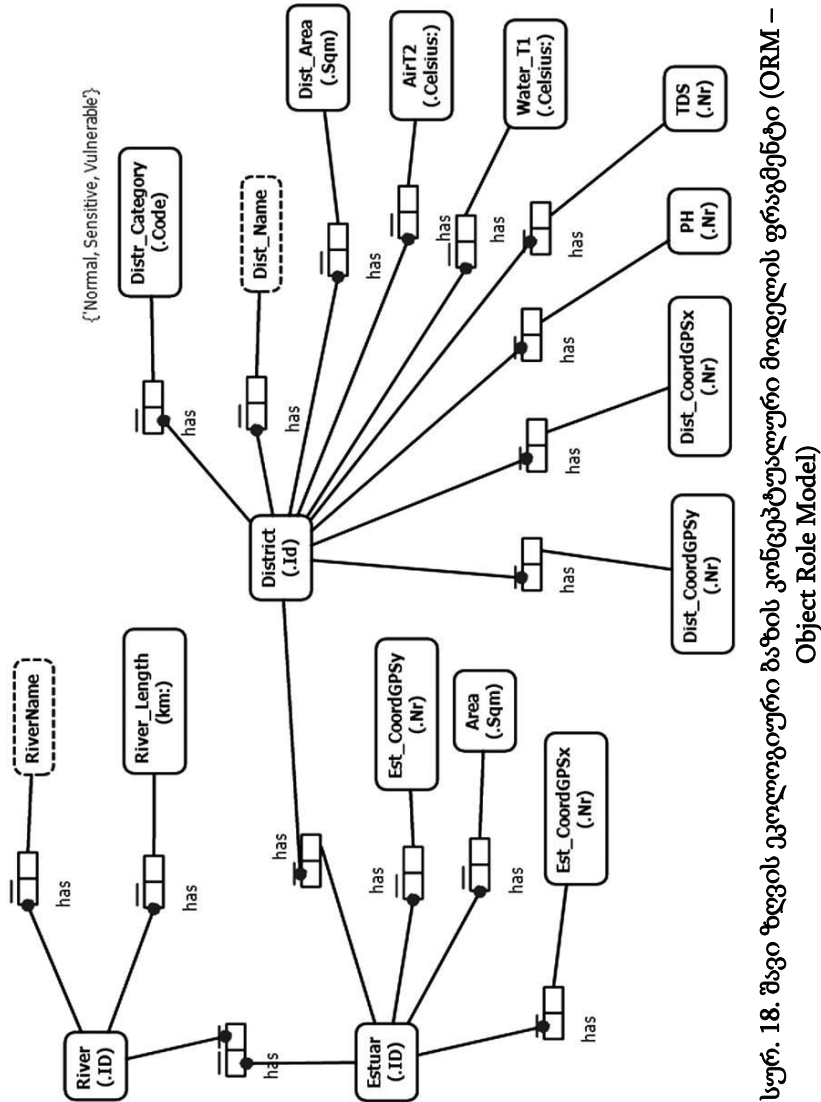
f15: District has Category

f16: District_Category is Normal or Sensitive or Vulnerable

და ა.შ.

ობიექტს „უბანი“ აქვს პარამეტრი „უბნის_კატეგორია“, რომელიც არის მნიშვნელობა სიმრავლიდან {ნორმალური, სენსიტიური, მოწყვლადი}. თუ რომელი იქნება

კონკრეტული უბანი, დამოკიდებულია მისი ეკოლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობებზე [84÷91].



სურ. 18. შავი ზღვის ეკოლოგიური ბაზის კონცეპტუალური მოდელის ფრაგმენტი (ORM – Object Role Model)

შეიძლება ითქვას, რომ ORM-მოდელირების ინსტრუმენტის გამოყენებით პირველი დონის კონცეპტუალური სქემის აგება შეუძლია არაპროგრამისტ (მონაცემთა ბაზების აგების არმცოდნე) მომხმარებელსაც. მან იცის საპრობლემო სფეროს არსი, ამოცანები, ფუნქციები და ამიტომ იგი შედარებით მცირე კონსულტაციის შემდეგ, NORMA გარემოში ადვილად საქმიანობს - გადააქვს თავისი ცოდნა კომპიუტერში. შედეგად მიიღება მონაცემთა ბაზის ORM მოდელი (სურ. 18).

რა თქმა უნდა, შესაძლებელია შედეგში იყოს უზუსტობები, რომლებიც ქსელის მოდიფიკაციის რეჟიმში ადვილად სწორდება თვით მომხმარებლის მიერ მანამ, სანამ არ მიიღება მათთვის მისაღები საბოლოო კონცეპტუალური მოდელი [33].

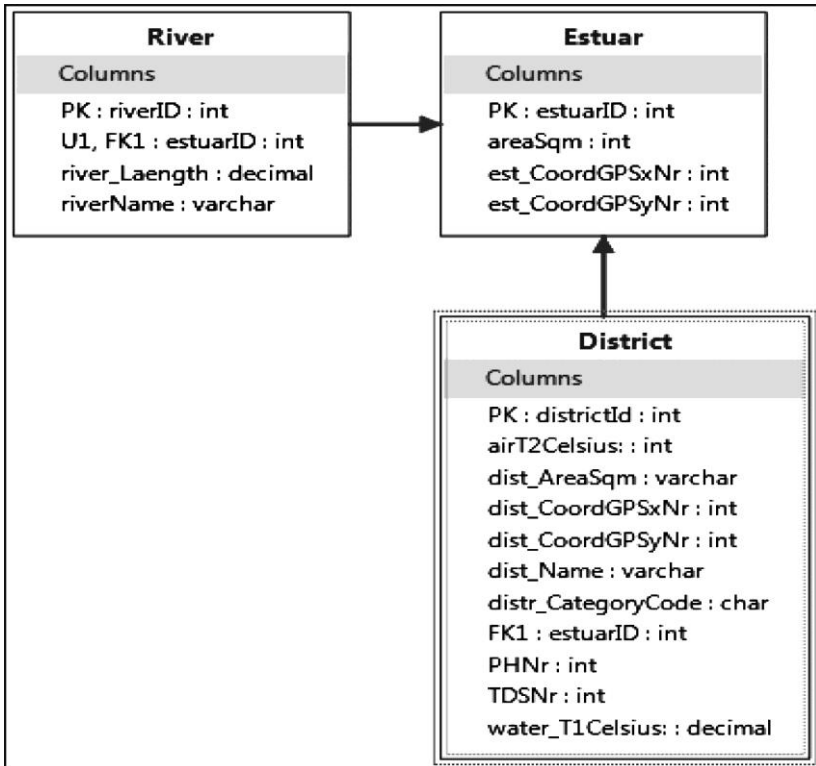
4.2. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მულტიმედიაური მონაცემთა ბაზის შედგენილობის და სტრუქტურის განსაზღვრა და დაპროექტება

შემდეგი ეტაპი ეხება ORM-მოდელის (კონცეპტუალური სქემის) საფუძველზე არსთა-დამოკიდებულების მოდელის (Entity-Relationship Model), ანუ ERM – მეორე დონის კონცეპტუალური სქემის დამუშავებას (პირველის საფუძველზე).

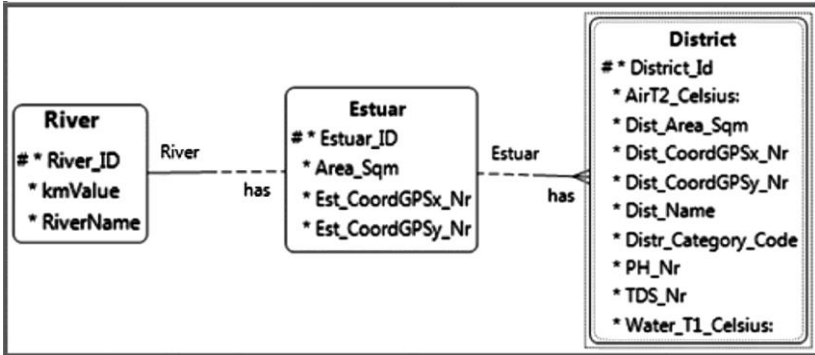
მე-19 სურათზე ნაჩვენებია კლასიკური ვარიანტი ამ სქემისა, რომელიც მივიღეთ უშუალოდ Visual Studio.NET

გარემოში ავტომატურად NORMA პაკეტიდან, ხოლო მე-20 სურათზე კი მოცემულია ალტერნატიული ვარიანტი – ბარკერის მოდელი (მას აქტიურად იყენებს ფირმა Oracle) [92÷94].

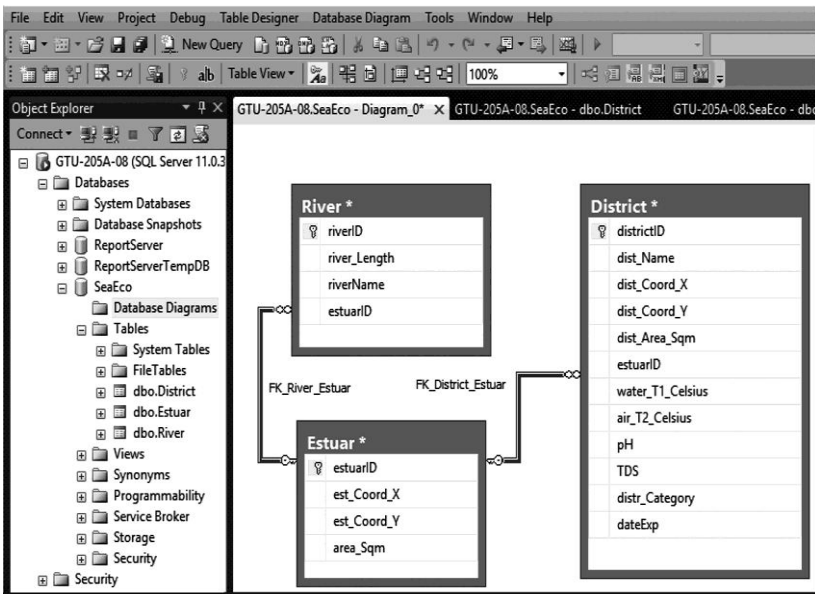
დაპროექტების ბოლო ეტაპზე Visual Studio.NET გარემოში ხდება ავტომატიზებულ რეჟიმში ჩვენი ORM-მოდელიდან ERM სქემის აგება, რაც მე-21 სურათზეა მოყვანილი.



სურ. 19. ERM - კონცეპტუალური სქემის ფრაგმენტი (კლასიკური მოდელი)



სურ. 20. ბარკერის კონცეპტუალური მოდელი (Barker ER view)



სურ. 21. ER მოდელი მონაცემთა ბაზის სტრუქტურა, აგებული Visual Studio.NET გარემოში (ჩანს რელაციური კავშირები ობიექტებს შორის: FK_River_Estuar, FK_District_Estuar, სადაც FK – Foreign Key)

4.3. შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მონაცემთა ბაზის აგება Ms SQL Server პაკეტის სამუშაო გარემოში

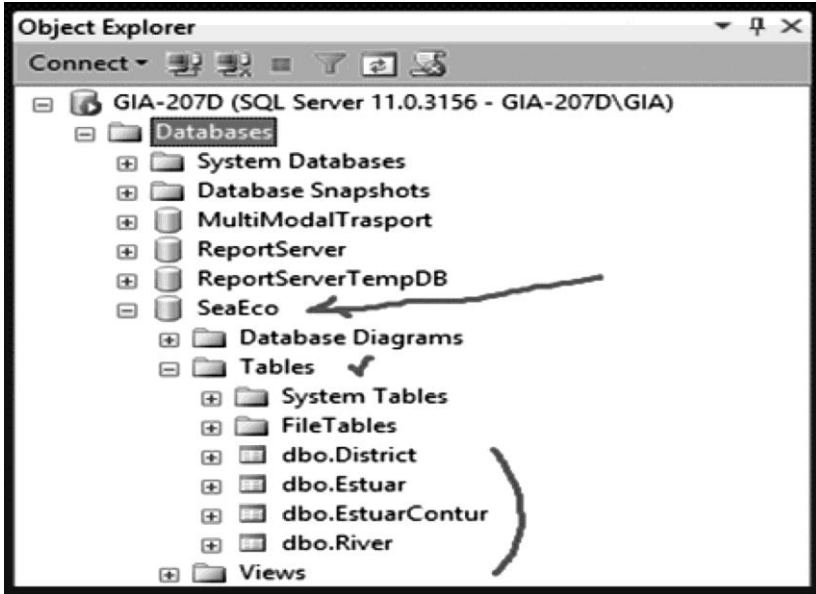
Ms SQL Server პაკეტის სამუშაო გარემოში მონაცემთა ბაზის აგების ორი ალტერნატიული გზაა. პირველი არის უშუალოდ Ms SQL Server Management Studio – გარემოში მუშაობა (სურ. 22). ამ შემთხვევაში საჭიროა სპეციალური ცოდნა.

23-ე სურათზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ MsSQL Server პაკეტით აგებული მონაცემთა რელაციური ბაზა „SeaEcfo”, რომლის დემო-ვერსია შედგება ოთხი ცხრილისგან (Tables).

ეს ცხრილებია: District.dbo (სურ. 24), Estuar.dbo (სურ. 25), EstuarContur. dbo (სურ. 26), River.dbo (სურ. 27÷29).



სურ. 22. SQL Server Management Studio - სამუშაო გარემო



სურ. 23. MsSQLServer-სამუშაო გარემო

Column Name	Data Type	Allow Nulls
districtID	int	<input type="checkbox"/>
dist_Name	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
dist_Coord_X	int	<input checked="" type="checkbox"/>
dist_Coord_Y	int	<input checked="" type="checkbox"/>
dist_Area_Sqm	int	<input checked="" type="checkbox"/>
estuarID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
water_T1_Celsius	decimal(5, 2)	<input checked="" type="checkbox"/>
air_T2_Celsius	decimal(5, 2)	<input checked="" type="checkbox"/>
pH	int	<input checked="" type="checkbox"/>
TDS	int	<input checked="" type="checkbox"/>
distr_Category	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
dateExp	date	<input checked="" type="checkbox"/>

სურ. 24. მონაცემთა რელაციური ბაზა „SeaEco“

districtID	dist_Name	dist_Coord_X	dist_Coord_Y
1	სარფი	41526956	41548731
2	კვარიათი_1	41545542	41561587
3	კვარიათი_2	41554651	41563841
4	გონიო	41574588	41565589
5	ჭოროხი-მარცხენა	41596952	41569943
6	ჭოროხი-მარჯვენა	41607866	41577288
7	ადლია	41614371	41583944
8	ბათუმი (დელფინარიუმთან)	41649103	41621114
9	ბათუმი (დასაწყისი)	41650823	41666129
10	ბათუმი (ბენზე)	41662161	41678955
11	მანინჯაური (რკინიგზის სადგურთან)	41677322	41694925
12	ჩაქვი	41723714	41727073
13	ბუკნარი	41747684	41737649
14	ციხისძირი	41772644	41755505
15	ბოზოყეთი	41797243	41766211
16	ქობულეთი (მდ. კინტრიშთან)	41811607	41771416
17	ქობულეთი – აღმამუნებლის ქ. 270	41833693	41775383
18	ქობულეთი – აღმამუნებლის ქ. 552	41856175	41777474
19	ქობულეთის ბოლო	41880721	41772763
20	მდ. ჩოლოქი	41895964	41770675
21	მდ. ნატანები	41913572	41767241
22	სოფ. შუკვეთილი	41938746	41764857
23	დაბა ურეკი	41997287	41758008
24	მდ. სუფსა	42016078	41753594
25	სოფ. გრიგოლეთი (დასაწყისი)	42038751	41735281
26	სოფ. გრიგოლეთი (ბოლო)	42056578	41723947
27	მდ. მალთაყვა	42092887	41695954
28	ქ. ფოთი (მდ. რიონის სამხრეთი ჩადინება)	42134187	41659283
29	ქ. ფოთი (მაშველები)	42140873	41657926
30	ქ. ფოთი(მოლი)	42147686	41641295
31	ნახადა (მდ. რიონის ჩრდილოეთი ჩადინება)	42177666	41641295
32	ყულკვი	42259918	41637102
33	ანაკლია (რეპერთან)	42382543	41577101
34	ანაკლია (სასტუმროსთან)	42382744	41563028
35	ანაკლია (მდ. ენგურის მარცხენა ნაპირი)	42389302	41560674
*	NULL	NULL	NULL

**სურ. 24. სენსიტიური უბნების ცხრილი
SQL Server- მონაცემთა ბაზაში**

25-ე სურათზე წარმოდგენილია აგებული მონაცემთა ბაზის კონცეპტუალური მოდელი რეალური ცხრილებითა და ბაზის ატრიბუტებით. მითითებულია პირველადი (PrimaryKey) და მეორეული (ForeignKey) გასაღები, რითაც განხორციელებულია კავშირები მონაცემებს შორის [21, 22, 24].

Column Name	Data Type	Allow Nulls
riverID	int	<input type="checkbox"/>
river_Length	decimal(7, 2)	<input checked="" type="checkbox"/>
riverName	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
estuarID	int	<input checked="" type="checkbox"/>

riverID	river_Length	riverName	estuarID
1	26,00	ჭოროხი (საქართველოს საზღვრებში)	1
2	25,20	კინტრიში	2
3	60,00	ნატანები	3
4	108,00	სუფსა	4
5	327,00	რიონი (სამხრეთ განშტოება)	5
6	327,00	რიონი (ჩრდილოეთ განშტოება)	6
7	150,00	ზობისწყალი	7
8	213,00	ენგური	8

სურ. 26. მდინარეთა ესტუარების ზომები
SQL Server- მონაცემთა ბაზაში

Column Name	Data Type	Allow Nulls
estuarID	int	<input type="checkbox"/>
est_Coord_X	int	<input checked="" type="checkbox"/>
est_Coord_Y	int	<input checked="" type="checkbox"/>
area_Sqm	int	<input checked="" type="checkbox"/>

GIA-207D.SeaEco - dbo.Estuar X GIA-207D.SeaEco - dbo.Estuar*

	estuarID	est_Coord_X	est_Coord_Y	area_Sqm
▶	1	41602473	41571921	5465
	2	41797895	41766410	861
	3	41907237	41769259	1130
	4	42017175	41752815	1488
	5	42140385	41655681	20390
	6	42172443	41645811	14551
	7	42272625	41634087	1009
	8	42386917	41564536	1379

1 of 8

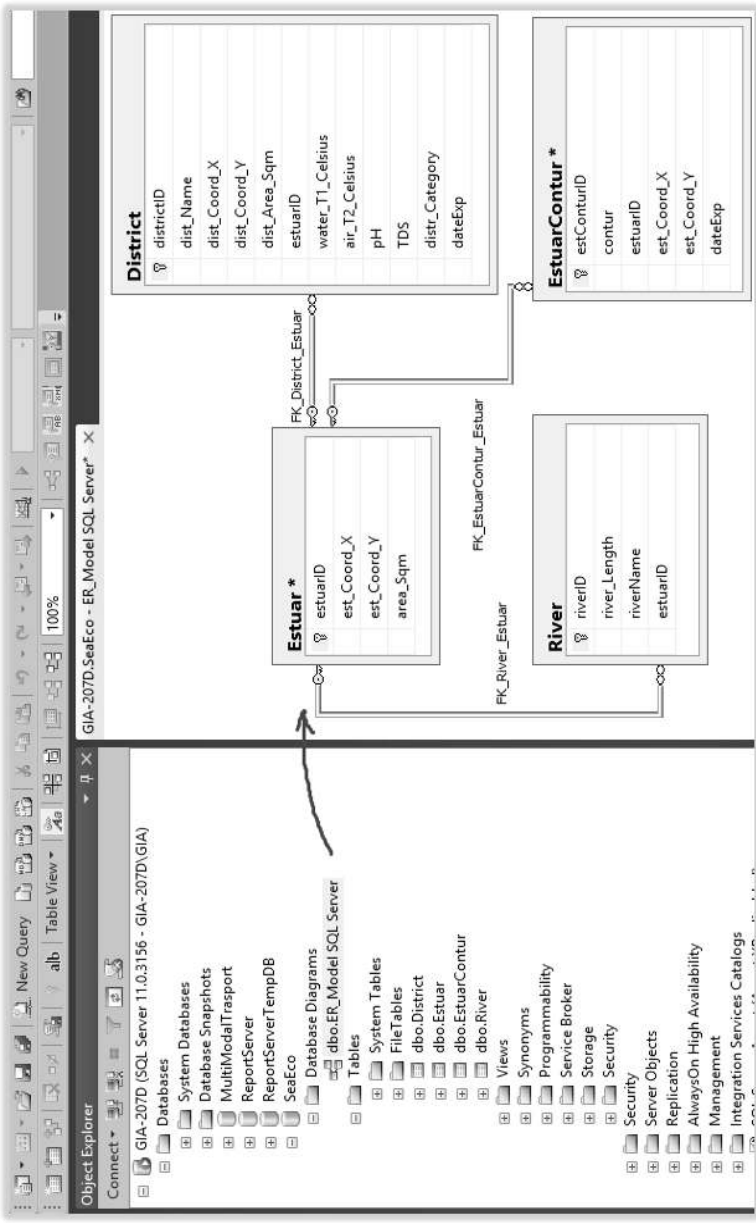
სურ. 27. მდინარეთა ესტუარების კოორდინატები და ფართობები SQL Server- მონაცემთა ბაზაში

GIA-207D.SeaEco - dbo.EstuarContur* X GIA-207D.SeaEco - dbo.Estuar

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	estConturID	int	<input type="checkbox"/>
	contur	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	estuarID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	est_Coord_X	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	est_Coord_Y	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	dateExp	date	<input checked="" type="checkbox"/>

estConturID	contur	estuarID	est_Coord_X	est_Coord_Y	dateExp
1	1	1	41602473	41571921	2015-06-10
2	2	1	41600256	41570205	2015-06-10
3	3	1	41604317	41561104	2015-06-10
4	4	1	41618219	41539946	2015-06-10
5	5	1	41628109	41550019	2015-06-10
6	6	1	41620934	41573706	2015-06-10
7	7	1	41610627	41569531	2015-06-10
8	8	1	41604571	41573116	2015-06-10
9	1	2	41797895	41766410	2015-06-11
10	2	2	41799470	41763083	2015-06-11
11	3	2	41805091	41756342	2015-06-11
12	4	2	41813037	41760451	2015-06-11
13	5	2	41806051	41765812	2015-06-11
14	6	2	41802590	41768295	2015-06-11
15	1	3	41907237	41769259	2015-06-11
16	2	3	41910538	41766637	2015-06-11
17	3	3	41917843	41761913	2015-06-11
18	4	3	41917843	41754145	2015-06-11
19	5	3	41930396	41754482	2015-06-11
20	6	3	41927038	41763958	2015-06-11
21	7	3	41913224	41767610	2015-06-11

სურ. 28. ესტუარების კონტურების ცხრილი
SQL Server- მონაცემთა ბაზაში



სურ. 29. ზღვის ეკოსისტემის სადემონსტრაციო მონაცემთა გაფართოებადი ბაზის საწყისი სტრუქტურა

4.4. სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდებისა და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით

შავი ზღვის სტატისტიკური რიგის დასამუშავებლად, სადაც გათვალისწინებული იქნება სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით, პირველ რიგში აუცილებელია მონაცემთა ბაზების შექმნა მართვის სისტემის Ms SQL Server 2012-გამოყენებით [95÷100].

MsSQL Server-ში შავი ზღვის მონაცემთა ტიპები მრავალფეროვანია. ერთი სვეტის (ატრიბუტის) ყველა მნიშვნელობა ერთი ტიპისაა. გამონაკლისია მხოლოდ SQL_VARIANT ტიპი, რომელშიც ერთდროულად რამდენიმე ტიპის მონაცემი ინახება. მაგ., რიცხვითი – GPS-კოორდინატების მნიშვნელობები, სტრიქონული ან თარიღის ტიპის მონაცემები [101÷111]. ასევე წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის, წყლის მარილიანობისა და მჟავიანობის მნიშვნელობები, რომლის სიდიდეებიც შეიძლება იყოს, როგორც მთელი, ასევე არამთელი რიცხვები (ცხრ. 37, 38).

შავი ზღვის მონაცემთა ბაზის ობიექტები განხილულია, როგორც ფიზიკური (დისკებზე) – ფაილები და ფაილთა ჯგუფები, ასევე ლოგიკური – მომხმარებელთა წარმოდგენები მონაცემთა ბაზის შესახებ. ლოგიკური ობიექტების მაგალითებია ცხრილები (Tables), სვეტები

(Columns) და ვირტუალური ცხრილები (Views - წარმოდგენები).

შავი ზღვის მონაცემთა ბაზის ობიექტი, რომელიც პირველ რიგში უნდა შეიქმნას, განხილულია როგორც თვით მონაცემთა ბაზა. Database Engine კომპონენტი მართავს სისტემურ და მომხმარებელთა მონაცემთა ბაზებს. სისტემური ბაზები შექმნილია მონაცემთა ბაზის ინსტალირების დროს, ხოლო მომხმარებელთა ბაზები კი – თვით ავტორიზებული მომხმარებლის მიერ.

ცხრილი 37

რიცხვითი ტიპები

მონაცემთა ტიპი	ბაიტი	აღწერა
INT	4	მთელრიცხვა: $-2^{31} \div 2^{31} - 1$
SMALLINT	2	მთელრიცხვა: $-2^{15} \div 2^{15} - 1$
TINYINT	1	მთელრიცხვა: 0 - 255
BIGINT	8	მთელრიცხვა: $-2^{63} \div 2^{63} - 1$
DEC(p,[s]) ან NUMERIC	$5 \div 17$	p –სიზუსტის წილადი $-2^{38} + 1$ 238 -1 s –თანრიგები წერტილის მარჯვნივ
REAL		მცოცავწერტილიანი დადებითი 2,23E -308 ÷ 1,79E +308, უარყოფ. -1,18E -38 ÷ -1,18E +38
FLOAT[(p)]	4 8	მცოცავწერტილიანი if p < 25 if p >= 25
MONEY	8	ფულის ტიპი: $-2^{63} \div 2^{63} - 1$
SMALLMONEY	4	ფულის ტიპი: $-2^{31} \div 2^{31} - 1$

ცხრილი 38

სიმბოლური ტიპები

მონაცემთა ტიპი	ზაიტი	აღწერა
CHAR[(n)]	min 1	ფიქსირებული სიგრძის სტრიქონი n = 1-:- 8000 (სიმბოლო)
VARCHAR[(n)]	min 1	ცვლადი სიგრძის სტრიქონი 0 < n < 8000 (სიმბოლო)
NCHAR[(n)]	min 2	ფიქს.სიგრძის Unicode სტრიქონი n = 1-:- 4000 (სიმბოლო)
NVARCHAR[(n)]	min 2	ცვლადი სიგრძის Unicode სტრიქონი 0 < n < 4000 (სიმბოლო)

ცხრილი 39

ორობითი და ბიტური ტიპები

მონაცემთა ტიპი	ზაიტი	აღწერა
BINARY[(n)]	=n	ფიქსირ. სიგრძის ბიტების სტრიქონი 0 < n < 8000
VARBINARY[(n)]	n-მდე	ცვლადი სიგრძის ბიტების სტრიქონი 0 < n < 8000
BIT	1 ბიტი	ლოგიკური მნიშვნელობა: FALSE, TRUE და NULL

ცხრილი 40

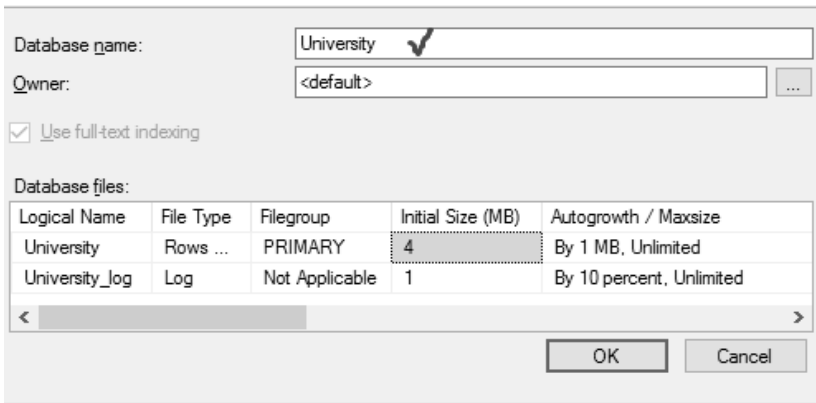
დიდი ობიექტების ტიპები

მონაცემთა ტიპი	აღწერა
VARCHAR(max)	LOB : ობიექტი 2GB - მდე
NVARCHAR(max)	LOB : ობიექტი 2GB - მდე
VARBINARY(max)	BLOB: ატრიბუტით FILESTREAM შეინახება მონაცემები NTFS ფაილურ სისტემაში

მონაცემთა ბაზის შექმნა განვიხილეთ ორი მეთოდით: პირველი – SQL Server Management Studio-ს დახმარებით, რომლითაც ხდება დიალოგურ რეჟიმში პროცესების წარმართვა (სურ. 30, 31). მეორე, Transact-SQL ენის CREATE DATABASE ინსტრუქციის დახმარებით.

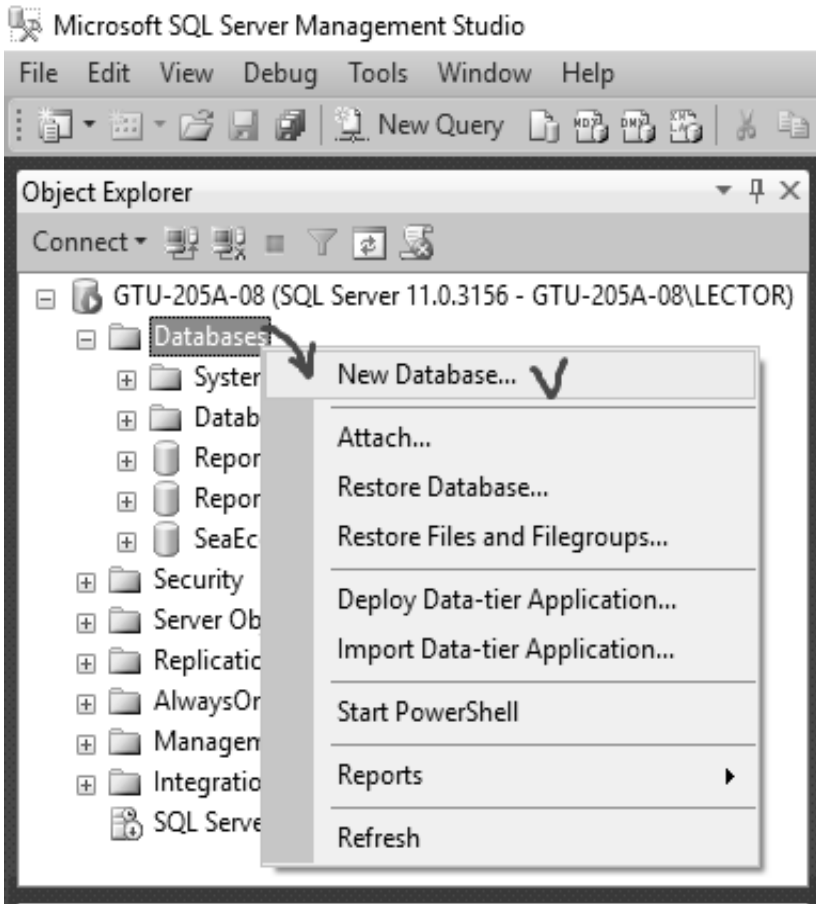
```

CREATE DATABASE db_name
    [ON [PRIMARY] {file_spec1},.]
    [LOG ON {file_spec2},.]
    [COLLATE collation_name]
    [FOR {ATTACH ATTACH_REBUILD_LOG}]
    
```



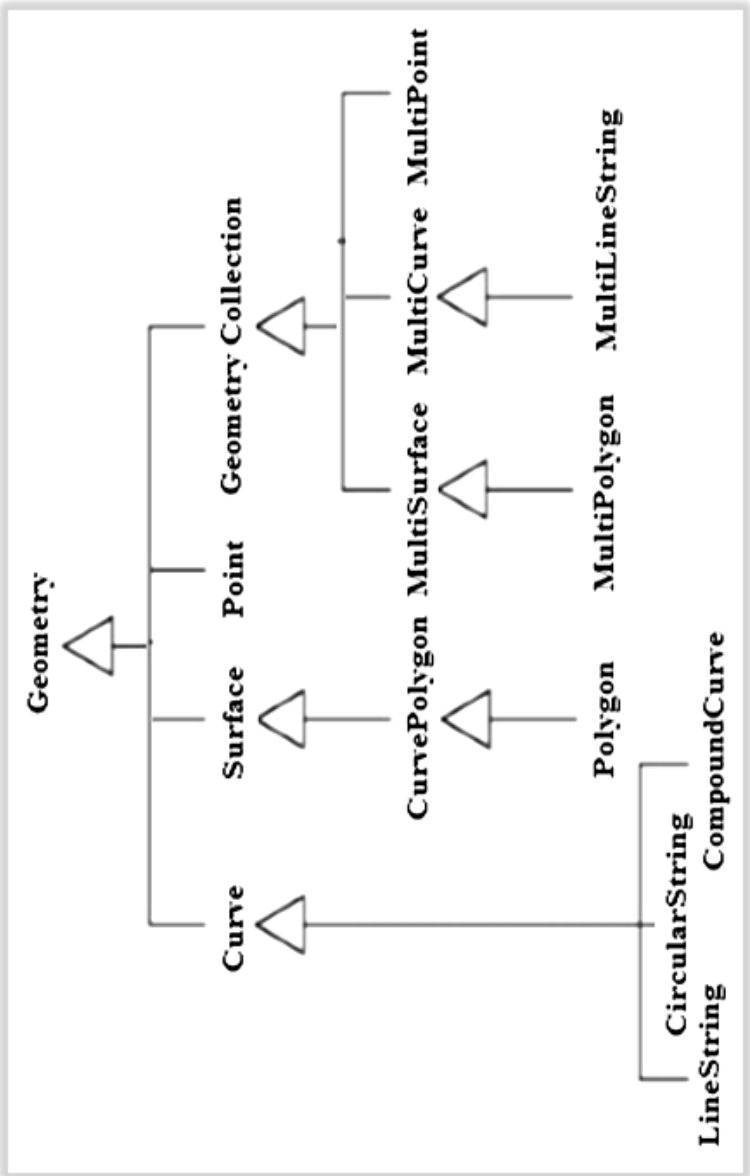
სურ. 30. შავი ზღვის სტატისტიკურ მონაცემთა ახალი ბაზის შექმნა

რაც შეეხება შავი ზღვის აკვატორიაში GPS-კოორდინატების დამუშავებას მონაცემთა ბაზის სისტემაში, იგი განხორციელდა გეომეტრიული ობიექტის მონაცემების სისტემაში, რომელიც წარმოადგენს ორგანოზომილებიან სივრცეში წერტილების, წრფეებისა და მრავალკუთხეების ერთობლიობას (სურ. 31).



სურ. 31. შავი ზღვის University ბაზა

ამრიგად, ზემოთ განხილული მეთოდოლოგიით დამუშავდა შავი ზღვის სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდებისა და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით.



სურ. 32. შავი ზღვის მონაცემთა ტიპების იერარქია GEOMETRY ფესვური ტიპით

4.5. სისტემის მომხმარებელთა SQL - მოთხოვნების დამუშავების სცენარების აგება და პროგრამული კოდების აგება, ტესტირება

ბოლო წლებში, კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით, იმატა შავი ზღვის აკვატორიაში ჩამდინარე მდინარეთა კალაპოტებში წყალდიდობების წარმოშობის სიხშირემ, მათ ესტუარებსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ხშირია დატბორვა, ზღვის სანაპირო ზოლის ეროზია (აბრაზია), რაც მთავრდება უარყოფითი ეკოლოგიური შედეგით, კერძოდ, მიმდინარეობს ზღვის მიერ საქართველოს საზღვრებში სანაპირო ზოლის – ხმელეთის მიტაცება და ხმელეთის სიღრმეში ზღვის შემოსვლა [112÷117].

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური საკითხების მეცნიერული კვლევა და მისი პროგნოზირება საქართველოსათვის მეტად აქტუალურია, იგი წარმოადგენს ქვეყნის სტრატეგიულ მიმართულებას, ხოლო შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების შენარჩუნება და დაცვა ქვეყნის მთავრობას აღიარებული აქვს როგორც სახელმწიფოს პრიორიტეტული მიმართულება [118÷123].

1. საველე-სამეცნიერო კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შავი ზღვის აუზის საქართველოს ზემოთ დასახელებული ძირითადი მდინარეების ესტუარების ფართობების დაზუსტება GPS-კოორდინატებში და მათი დატანა ციფრულ რუკებზე, ზღვის წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის დაფიქსირება, ასევე ზღვის მოწყვლად უბნებსა

და ესტუარებში ზღვის წყლის ანალიზის აღება და მათი ქიმიური ლაბორატორიული გამოკვლევა [124÷127].

2. საველე კვლევების ჩატარება, კერძოდ, სხვადასხვა მაჩვენებლების დაფიქსირება GPS-კოორდინატების მიხედვით მეტად მოხერხებული იქნება, თუ მონაცემების შეტანა შესაძლებელი გახდება ტერიტორიულად დაშორებული კომპიუტერიდან. მონაცემები შეტანისთანავე აისახება კორპორატიული პორტალის ვებ-გვერდზე და ტერიტორიულად დაშორებულ SQL Server-ის ბაზაში [128÷139].

წარმოდგენილ ცხრილში ასახულია მაჩვენებლები საკონტროლო წერტილებიდან, სადაც მონაცემების შეტანის დრო ფიქსირდება ავტომატურად (სურ. 33).

34-ე სურათზე მოცემულია ორგანიზაციის ვებ-პორტალზე ასახული საკონტროლო წერტილების აზომვების ცხრილი.

შემდეგ ეტაპზე გვჭირდება SQL Server-ის მონაცემთა ბაზის დაკავშირება ვებ-პორტალთან. ამ ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებულია Sharepoint Designer-ი. 35-ე სურათზე ასახულია მონაცემთა ბაზის დაკავშირება პორტალის External List-თან.

36-ე სურათზე ნაჩვენებია გარე სიის შექმნის პროცესი, რომელიც უკვე დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზასთან.

მონაცემების შეტანის პროცესი: 37-ე სურათზე ნაჩვენებია მონაცემების შეტანისთვის აუცილებელი დიალოგური ფანჯარა.

შპს "მინი-კაზინო" WIN-K8FK5Q18...ბო-აზომიები*							
asaxeleba, GPS_X, GPS_Y, Temp, Mjavianoba, Marilianoba, GETDATE() AS Dro, Tanamshromeli_ID							
dasaxeleba	GPS_X	GPS_Y	Temp	Mjavianoba	Marilianoba	Dro	Tanamshromeli_ID
sarfi	41526956	41548731	45.90	67.89	45.78	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
kvariati_1	41545542	41561587	67.00	67.00	34.00	2016-06-22 06:24:58.037	1
kvariati_2	41554651	41563841	NULL	NULL	NULL	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
gonio	41574588	41565589	NULL	NULL	NULL	2016-06-22 06:24:58.037	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

სურ. 32. მონაცემთა დაფექსირება კომპიუტერში

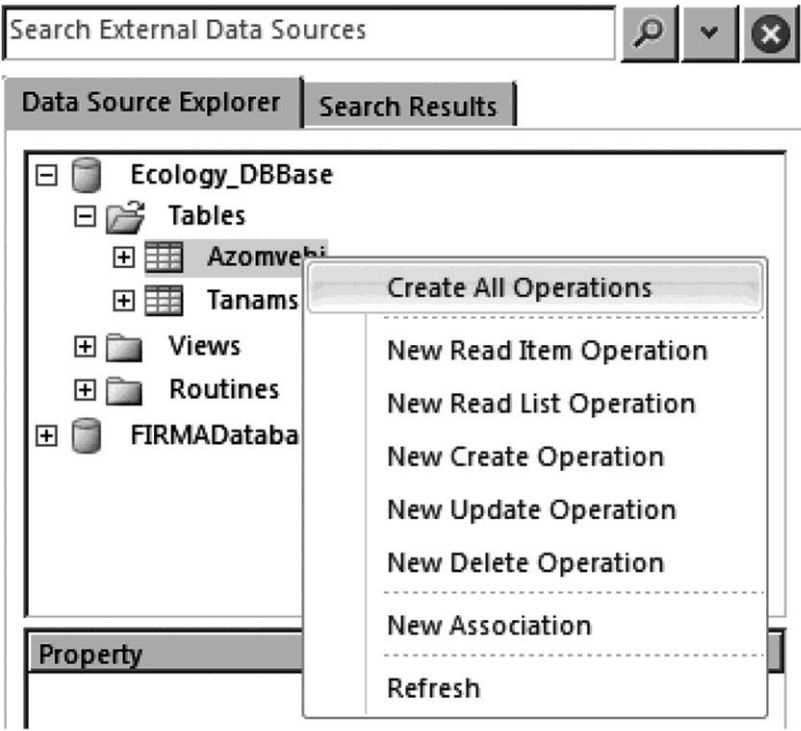
The screenshot shows the Microsoft SharePoint 2010 interface. The main content area displays a list of items with the following columns: ID, Name, GPS_X, GPS_Y, Temp, Mjavianoba, Marilianoba, and Dro. The list contains four items: 'sarfi', 'kvariati_1', 'kvariati_2', and 'gonio'. The 'Dro' column shows dates and times, and the 'Mjavianoba' and 'Marilianoba' columns show numerical values. The 'Temp' column shows temperature values, with some cells containing 'NULL'.

ID	Name	GPS_X	GPS_Y	Temp	Mjavianoba	Marilianoba	Dro
1	sarfi	41526956	41548731	45.90	67.89	45.78	6/1/2016 5:00 PM
2	kvariati_1	41545542	41561587	67.00	67.00	34.00	6/14/2016 5:00 PM
3	kvariati_2	41554651	41563841				
4	gonio	41574588	41565589				

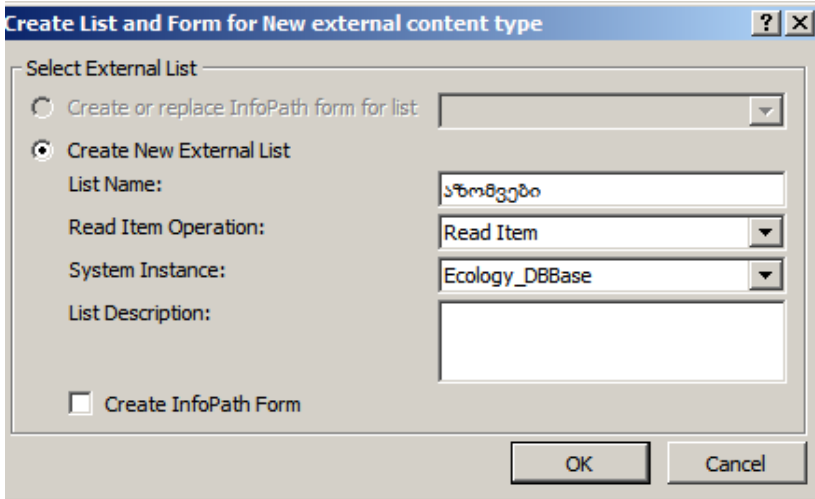
სურ. 34. საკონტროლო წერტილების აზომვების მეთოდოლოგია



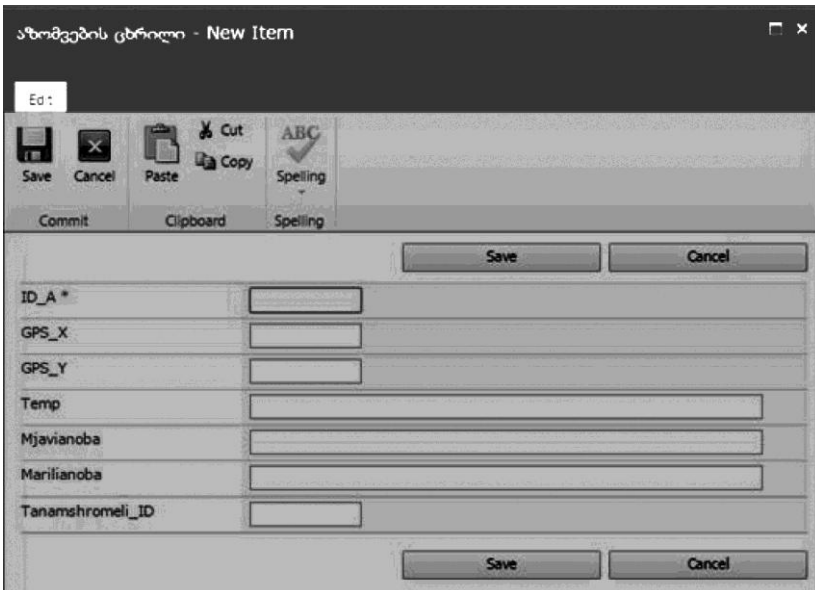
Use this page to manage connections to external data sources and th right-click on tables, views, stored procedures or methods in the data



სურ. 35. SQL Server-ის მონაცემთა ბაზის დაკავშირება ვებ-პორტალთან



სურ. 36. გარე სიის შექმნის პროცესი



სურ. 37. დიალოგური ფანჯრის სქემა

ამრიგად, ყოველივე ზემოთ აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს კომპლექსურად შევაფასოთ შავი ზღვის თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები და დაიგეგმოს სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებები SQL Server-ის მონაცემთა ბაზის გამოყენებით.

დასკვნა

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის სადოქტორო საგრანტო პროექტის (დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების საგრანტო კონკურსი №DO/159/4-130/14) ფინანსური მხარდაჭერით საველე-სამეცნიერო და თეორიული კვლევების საფუძველზე სადისერტაციო ნაშრომის დამუშავების პერიოდში, ხოლო შემდეგ მონოგრაფიის მომზადების შედეგად მიღებულია შემდეგი სახის ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები:

- შავი ზღვის აკვატორიაში GPS და GIS პროგრამების გამოყენებით განხორციელებული საველე-სამეცნიერო კვლევებით დაფიქსირდა 35 სენსიტიური უბანი, სადაც 3 წლის განმავლობაში მიმდინარეობდა მეცნიერული კვლევები და რომლის მნიშვნელობებიც დატანილია ციფრულ რუკაზე;
- შავი ზღვის აკვატორიაში, 35 სენსიტიურ წერტილში, ძირითადი მდინარეების ესტუარებსა და საზღვაო პორტებში აღებულ იქნა ზღვის წყლის ანალიზები, გაზომილ იქნა ზღვის წყლისა (t), და ჰაერის ტემპერატურები (t), ხოლო ლაბორატორიულ პირობებში დადგინდა ზღვის წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლები;
- დაზუსტებულია საქართველოს ძირითადი მდინარეების ესტუარების ფართობები, რომელთა სიდიდეც იცვლება $0,861 \div 20,390$ კმ² საზღვრებში, ხოლო ლაბორატორიული კვლევებით დადგენილია, რომ შავი

ზღვის წყლის მჟავიანობა (pH) მდინარეთა ესტუარებში იცვლებოდა $pH = 7,71 \div 8,22$ საზღვრებში, ხოლო პორტების აკვატორიაში კი – $pH = 8,42 \div 8,65$, რაც შეეხება მარილიანობის მაჩვენებელს (TDS), ის იცვლება მდინარეთა ესტუარებში $TDS = 6,15 \div 12,67$ საზღვრებში, პორტების შემთხვევაში კი $TDS = 11,80 \div 13,67$, რაც აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ეკოლოგიური პარამეტრების კომპლექსური კვლევისას;

- საველე-სამეცნიერო კვლევების შედეგად მიღებული სტატისტიკური რიგისა და საიმედოობისა და რისკის თეორიის გამოყენებით დადგენილია შავი ზღვის აკვატორიაში განთავსებულ საზღვაო პორტებსა და ნავთობსადენის ტერმინალებში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების – ზღვის წყლისა (t_1) და ჰაერის ტემპერატურის (t_2) ფარდობითი სიდიდეების (t_1/t_2), წყლის მჟავიანობისა (PH) და მარილიანობის (TDS) ჰისტოგრამა და თეორიული განაწილების მრუდი, რომელიც ზემოთ აღნიშნული ეკოლოგიური პარამეტრების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა;
- ლაბორატორიულ პირობებში დადგინდა შავი ზღვის წყლის მძიმე მეტალებით – თუთია (Zn^{2+}), რკინა (Fe), კადმიუმი (Cd), სპილენძი (Cu), ტყვია (Pb) დაბინძურების რაოდენობრივი მაჩვენებლები, რომელთა სიდიდეებიც ევროკავშირისა და საქართველოს ნორმატივების მიხედვით ნაკლებია აღნიშნული დოკუმენტით განსაზღვრულ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე;

- მულტიმედიური ბაზების ძირითადი საფუძვლების გამოყენებით ნაშრომში შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევისათვის შესწავლილია:
 - ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა და მისი კონცეპტუალური მოდელის აგება ობიექტ-როლური მოდელირების (ORM/ERM) საფუძველზე;
 - ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მულტიმედიურ მონაცემთა ბაზის შედგენილობისა და სტრუქტურის განსაზღვრა და დაპროექტება;
 - ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების მონაცემთა ბაზის აგება Ms SQL Server პაკეტის სამუშაო გარემოში;
 - ✓ სისტემის ფუნქციონალური ამოცანების მეთოდებისა და მოვლენების ალგორითმული სქემების შემუშავება ობიექტ- და სერვის-ორიენტირებული არქიტექტურით;
 - ✓ შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემის ანალიტიკოსის სამუშაო ადგილის ინტერფეისის დაპროექტება მულტიმედიური მონაცემთა ბაზით. სისტემის მომხმარებელთა SQL-მოთხოვნების დამუშავების სცენარებისა და პროგრამული კოდების აგება, ტესტირება;
 - ✓ დადგენილ იქნა, რომ ყოველივე ზემოთ აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს კომპლექსურად შევაფასოთ შავი ზღვის თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები და დაიგეგმოს მისი სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებები SQL Server-ის მონაცემთა ბაზის გამოყენებით.

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა

1. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. //Ocean Science 7, pp. 793-803. doi:10.5194/os-7-793-2011(2011).
2. **Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И.** Краткосрочный прогноз гидрофизических полей в восточной части Чёрного моря. //Иzv. РАН, Физика атмосферы и океана. 2013, т. 49, №6, стр. 733-745.
3. **Bilashvili K., Gvakharia V., Machitadze N., Savaneli Z., Trapaidze V.** Creation of the End Product of Oceanographic Data of the Georgian Black Sea Area. //Proceed. of SGEM-2017, 17th Intern. GeoConference, Bulgaria, 2017.
4. **გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., კ. ბილაშვილი, ტრაპაიძე ვ.** კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით მდინარეთა დელტაში წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების რისკების შეფასება მდინარე რიონის მაგალითზე. //პირველი საერთაშორისო კონფერენციის „კოლხეთის დაბლობის წყლის ეკოსისტემები – დაცვა და რაციონალური გამოყენება“ შრომების კრებული, თბილისი, 2013, გვ. 11–15.
5. **გრიგოლია გ., კერესელიძე დ., კ. ბილაშვილი, ტრაპაიძე ვ.** კლიმატის ცვლილების ფონზე მდინარე ჭოროხისა და აჭარისწყლის წყალდიდობების რისკების შეფასება. //სტუ-ს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №68, 2013, გვ. 48–53.
6. **Trapaidze V., Bilashvili K., Kereselidze D., Bregvadze G.** Natural and Anthropogenic Consequences of the Relation between the Black Sea and Lake Paliastomi, Georgia. //10th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO – SGEM

2010, Bulgaria, 2010.

7. **Kereselidze D., Bilashvili K., Trapaidze V.** Assessment of the flooding in the black Sea coastal area of western Georgia. 2nd Biannual and Black sea scene ec project joint conference. Climate change in the Black sea – Hypothesis, Observation, Trends scenarios and mitigation strategy for the ecosystem. Collected papers. Edited by dr. Snejana Moncheva, 6 – 9 October, Sofia, Bulgaria, 2008.
8. **ფრანგიშვილი ა., ციხელაშვილი ზ., გველესიანი თ.** შავი ზღვის აუზის ქვეყნების მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების ერთიანი მონიტორინგის სისტემის შექმნისა და ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების შესახებ. //სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(16) , თბილისი, 2010, გვ. 22-25.
9. **კერესელიძე დ., ბილაშვილი კ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ.** ზოგადი ოკეანოლოგია. თბილისი, თსუ, 171 გვ.
10. **ბილაშვილი კ., სავანელი ზ.** ოკეანოლოგიისა და ინფორმაციის მენეჯმენტი. თბილისი, თსუ, 2012, 35 გვ.
11. **Buachidze N., Bilashvili K. et.al.** Research of pollution by oil products and destruction dynamics of oil contamination by microorganisms in the coastal zone of the Black Sea, Georgia. Paper: in the book „Problems of Ecology“, v. IV, TEMPUS, Tbilisi, Technical University, 2006, pp. 155-163.
12. **Maillard C., Bilashvili K.** SeaDataNet Consortium SeaDataNet – a pan-european infrastructure for ocean and marine data management. //Proc. of EGU General Assembly, Vienna, 2007, <http://meetings.copernicus.org/egu2008/>
13. **Anagnostou, Ch., Akoumianaki, I., Bilashvili, K., Bologa, A., Kaberi, E., Karageorgis, A., Kholeif, S., Krasakopoulou, E., Shapiro, G. & Papatthanassiou, E.** The natural capacity of the

- seafloor of the Mediterranean Sea and the Black Sea to absorb and store atmospheric CO₂. //Proc. of SESAME's 2nd Scientific Workshop, Villefranche, France, 2009.
14. საინფორმაციო სერვისი მულტიმედიაურ მონაცემთა ბაზის დასაპროექტებლად - <https://ka.wikipedia.or>.
 15. **Kvavadze E., Bilashvili K.** The Climatic Optima Assessed Using Sediments of the Black Sea. //Proc. of Ciesm 39th Congress, Venice, 2010.
 16. **Kvavadze E., Bilashvili K.** Palynological Investigation Of Marine, Lagoon And Other Sediments From The Black Sea Area In Georgia. //Proc. Georgian Acad. Sci., Biol. Ser. B Vol. 8, No. 3-4, 2010, pp. 58-71.
 17. **Kvavadze E., Bilashvili K.** Identification of Anthropological Landscapes and Human Activity in Georgia in Correlation with Holocene Black Sea Level Fluctuations. //Earth Sciences, volume 4, issue 5, September 2015, pp. 120–129, published: Sep.17, 2015, <http://www.sciencepublishinggroup.com>
 18. **Melikidze V., Bilashvili K.** Potential application of the AMP Toolbox for designing and implementing adaptive policies in the Eastern Black Sea in the light of EU-Georgia Association Agreement. //Proceedings of EU funded project PERSEUS Final Scientific workshop, Brussels, 2015.
 19. **კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე ვ.** ჰიდროლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდები. თბილისი, 2011, 186 გვ., (მონოგრაფია).
 20. **დიაკონიძე რ., შენგელია ე., გავარდაშვილი გ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., ვარაზაშვილი ზ., სუპატაშვილი თ., დიაკონიძე ბ.** საქართველოს შავი ზღვისპირა კურორტების მოკლე დახასიათება, ზღვის აკვატორიაში და მასში ჩამდინარე მდინარეების წყლის ხარისხის შეფასება.

თბილისი, „უნივერსალი“, 2016, 39 გვ.

21. **პეტრიაშვილი ლ., ოხანაშვილი მ., აბრამიშვილი ნ.** მულტი-მედიურ მონაცემთა ბაზაში რელატიური დოკუმენტების იდენტიფიკაცია. //სტუ-ს შრომები, №1(9), თბილისი, 2010.
22. **სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ., შონია ო.** კომპიუტერული ქსელის რესურსების სინქრონიზების პროცესის მოდელირება პეტრის ქსელებით, მრავალმომხმარებლურ რეჟიმში. //შრ. კრ. „ინტელექტი“ №1, თბილისი, 1997, გვ. 49-52.
23. **სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ.** საქართველოს საზღვაო პორტებში სატვირთო ტრანსპორტის მომსახურების სრულყოფის კონცეფცია ლოგისტიკური მენეჯმენტის ბიზნესპროცესების ავტომატიზაციით. //აკადემიკოს ივერი ფრანგიშვილის დაბადების 85-ე წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება მართვა, 2015 (სკტ - მმ 2015), გვ. 245-249.
24. **პეტრიაშვილი ლ., თოფურია ნ.** მონაცემთა ბაზის დაპროექტება ტერიტორიულად განაწილებული კორპორაციის ინტერნეტ-პორტალისთვის. //VII საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია, „ინტერნეტი და საზოგადოება“, 10-11 ივლისი, 2015, ქუთაისი, საქართველო, გვ. 87-91.
25. **გასიტაშვილი ზ., პეტრიაშვილი ლ., კიკნაძე მ.** ორგანიზაციულ სისტემებზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი და მოდელის დამუშავება რეგიონის მდგრადი განვითარების მაგალითზე. //საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ევროპული ინტეგრაცია და საქართველო“, სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი „გლობალიზაცია და ბიზნესი“, თბილისი, 2016, გვ. 180-184.
26. **Bilashvili K., Elizbarashvili M., Tsvitsivadze N.** Sea Ecology. Tbilisi State University (TSU) publish house, 2009, 238 p.

27. **Gavardashvili G., Chakhaia G., Diakonidze R., Tsulukidze L., Supatashvili T.** The Results and Analysis of Studies Carried out in 2011 in the Black Sea Water Area within the Boundaries of Georgia. //In proc. of 3rd Bi-annual BS Scientific Conf. and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 2011. pp. 205.
28. **სურგულაძე გ.** დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიები და მონაცემთა მენეჯმენტი (WPF, WF, WCF & Ms SQL Server). თბილისი, 2016, 177 გვ.
29. **სურგულაძე გ., თოფურია ნ.** მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები: ობიექტ-როლური მოდელირება (ORM/ERM, SQL Server). დამხმარე სახელმძღვანელო, სტუ, თბ., 2007.
30. **სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ.** გარემო და ადამიანი. თსუ-ს გამომცემლობა, თბილისი. 2001.
31. **Gavardashvili A. G.** Results of the field-and-scientific study in the water area of the estuaries of the major rivers of the Black Sea and sea ports on the territory of Georgia. //17th International conference on Environmental Sciences and Engineering. Paris, France, 2015, pp. 2305-2309.
32. **სურგულაძე გ., თოფურია ნ., გავარდაშვილი ა., კაშიბაძე მ.** მონაცემთა ბაზის დაპროექტების ავტომატიზაცია შავი ზღვის ეკოლოგიური სისტემისათვის. //სტუ-ს შრ. კრ. N1(21). თბილისი, 2016, გვ.165-168.
33. **Halpin T.** ORM 2 Graphical Notation. Neumont University, 2005. http://www.orm.net/pdf/ORM2_TechReport1.pdf.
34. **სურგულაძე გ., თოფურია ნ. მელაძე გ.** მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემების სტრუქტურების დაპროექტება: ORM/ERM, Ms SQL Server. სტუ, თბილისი. <http://www.gtu.edu.ge/katedrebi/kat94/pdf/OrmErm-31.pdf>, 2007.
35. **სურგულაძე გ., ვედეცინდი ჰ., თოფურია ნ.** განაწილებული

ოფის-სისტემების მონაცემთა ბაზების დაპროექტება და რეალიზაცია UML-ტექნოლოგიით. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006 (მონოგრაფია).

36. **გოგიჩაიშვილი გ., სურგულაძე გ., თოფურია ნ., პეტრიაშვილი ლ., სურგულაძე გ.** მულტიმოდალური გადაზიდვების მართვის ავტომატიზებული სისტემის აგება დაპროექტების CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. //სტუ-ს შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, N2(20), თბილისი, 2015, გვ. 96-107.
37. **სამხარაძე რ.** Ms SQL Server. სახელმძღვანელო. სტუ, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009. <http://gtu.ge/View/index.html>
http://gtu.ge/book/SQL_Serveri.pdf
38. **სურგულაძე გ., თოფურია ნ.** მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემები: ობიექტ-როლური მოდელირება ORM (ლაბორატორიული პრაქტიკუმი). სტუ. თბილისი, 2007. <http://www.gtu.edu.ge/katedrebi/kat94/pdf/OrmLab-32.pdf>
39. WPF, Workflow, WCF ტექნოლოგიები. ნაწ. 1-3, თსუ. „IT-კონსალტინგის ცენტრი“. თბილისი. 490 გვ.
40. **Gültekin B.** Data Modeling Using Oracle (Barker Notations). <http://web.itu.edu.tr/~cetiner/notes/ie424t1.pdf>.
41. **Surguladze G., Topuria N., Meladze G.** Designing the structure of the database management systems ORM/ERM, Ms SQL Server. Tbilisi, TSU, 2007. <http://www.gtu.edu.ge/katedrebi/kat94/pdf/OrmErm-31.pdf>
42. **Gavardashvili A.G.** The Program Software to Create United Database of Black Sea Ecological Characteristics. //Collected Papers of Water Management Institute of Georgian Technical University, №68, Tbilisi, Georgia, 2013, pp. 27-32.
43. **Gavardashvili A.G.** Results of Field Research in the Black Sea Coast Line within the Borders of Georgia in April 2015. //V

- International Scientific and Technical Conference “Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction”. Tbilisi, Georgia, 2015, pp. 13-29.
44. **Gavardashvili A.G.** The Research of Black Sea Ecological Condition in the Border of Georgia by Using of Reliability and Risk Theory. //19th International Conf. „Environmental Sciences and Engineering“, Amsterdam, The Netherlands, 2017, pp. 2095-2099.
45. **გვახარია ვ., ბილაშვილი კ., მაჩიტაძე ნ., გელაშვილი ნ., ადამია ტ., ხუბუნია ც.** შავი ზღვის გარემოსდაცვითი მონიტორინგის ეროვნული პროგრამების და ქვეპროგრამების შემუშავების წინაპირობები. //ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ახალი სერია, ნაკვ. 127, 2015.
46. **ბილაშვილი კ. ხომერიკი ი. სავანელი ზ.** საქართველოში არსებულ ოკეანოგრაფიულ მონაცემთა საცნობარო-საინფორმაციო სისტემის შექმნა www-ქსელში მისი შემდგომი ჩართვის მიზნით. //ფონდი „ღია საზოგადოება-საქართველო“-ს მიერ 1997-1998 წ.წ. განხორციელებული პროექტის საბოლოო ანგარიში.
47. **მეტრეველი გ.** საზღვაო ჰიდრომეტრია. თსუ, 1997.
48. **Вязилов Е.Д.** Информационные ресурсы состояния природной среды. Москва, Эдиториал УРСС, 2001.
49. **Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Лиманов В.И., Студенев И.С.,** Морские экспедиционные научные исследования России. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 1998.
50. **Balopoulos E.Th.** Directory of marine environmental data sets in Greece. Commission of EU, 1993.
51. **Gerders P.** IODE Data Flow and Monitoring Procedure. //In IOC Training Course Report №50. 1998.

52. Manual on International Oceanographic Data Exchange. Revised Edition, UNESCO, 1991.
53. MEDAR/MEDATLAS II Final workshop. Abstracts, Trieste, Italy, 2001.
54. Oceanographic Data Exchange 1985 WDC-A. „Oceanography“, 1986.
55. Operational Ocean Observations from Space. EUROGOOS Publication.
56. **Reed G.** NODC Tasks and Possibilities in IOC Training Course, Report №50, 1998.
57. **Reed G.** Distributed Database Management Systems in IOC. Training Course report №50, 1998, №16, May 2001.
58. Scientific and Technical Water-related Documentary and information System. UNESCO, Paris, 1989.
59. **Yutaka Michida.** Oceanographic Data Management in Japan, //Kobe, Techno-Ocean 88. International Symposium. Proceedings Vol. II, 1.
60. **Мак-Дональд М.** WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 3.5 с примерами на CN^o 2008 для профессионалов. 2-е издание: Пер. с англ. - М. : ООО "И.Д. Вильямс". 2008.
61. **Petzold Ch.** Applications=Code+Markup. A Guide to the Microsoft Windows Presentation Foundation. St-Petersburg. 2008.
62. **Долженко А.И.** Разработка приложений на базе WPF и Silverlight. М., 2011, www.intuit.ru/department/se/dawpfs/
63. **Eberhardt C.** WPF DataGrid Practical Examples. 2009. <http://www.codeproject.com/Articles/30905/WPF-DataGrid-Practical-Examples>.
64. **მეიერ-ვეგენერი კ., სურგულაძე გ., ზასილაძე გ.** საინფორმაციო სისტემების აგება მულტიმედიაური მონაცემთა ბაზებით. თბილისი, სტუ, 2014 (მონოგრაფია).

65. სურგულაძე გ., თოფურია ნ., ბასილაძე გ., კვიციანი ნ., ნეფარიძე მ. ელექტრონული საარჩევნო სისტემა მულტიმედია მონაცემთა ბაზებით და კლიენტ-სერვერ არქიტექტურით. //GESJ: Computer Science and Telecommunications, 2014, N2(42). გვ. 39-86.
66. სურგულაძე გ., თოფურია ნ., ბასილაძე გ., ურუშაძე ბ., ლომიძე მ., გაბინაშვილი ლ. პროგრამული სისტემების მენეჯმენტი მულტიმედია აპლიკაციების დასაპროექტებლად და ასაგებად. //VI საერთ. სამეცნ.პრაქტ. კონფ. „ინტერნეტი და საზოგადოება“, აკ.წერეთლის სახ.უნივ. ქუთაისი, 2013, გვ. 66-70.
67. ბასილაძე გ., სურგულაძე გ., გაბინაშვილი ლ. მულტიმედია ელექტრონული საარჩევნო სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება. //სტუ-ს შრ.კრ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“. N1(14), თბილისი, 2013, გვ. 234-239.
68. SQL Server Security. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb669074\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb669074(v=vs.110).aspx)
69. Surguladze G., Topuria N., Petriashvili L., Surguladze G. Modeling of Designing a Conceptual Schema for Multimodal Freight Transportation Information System. //WASET, World Academy of Scientific, Engineering and Technology, v.9, N11. ISSN 1307-6892, Spain, 2015. pp. 204-207.
70. სურგულაძე გ., ბულია ი. კორპორაციულ Web-აპლიკაციათა ინტეგრაცია და დაპროექტება. თბილისი, სტუ, 2012, (მონოგრაფია).
71. სურგულაძე გ., ურუშაძე ბ. საინფორმაციო სისტემების მენეჯმენტის საერთაშორისო გამოცდილება (BSI, ITIL, COBIT). თბილისი, სტუ, 2014.
72. გოგიჩაიშვილი გ., ბოლბი გ., სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ.

- მართვის ავტომატიზებული სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტების და მოდელირების ინსტრუმენტები (MsVisio, WinPepsy, PetNet, CPN). თბილისი, სტუ, 2013
73. **თურქია ე.** ბიზნეს-პროექტების მართვის ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაცია. თბილისი, სტუ, 2010.
74. **სურგულაძე გ., გულიტაშვილი მ., კვიციანი ნ.** Web-აპლიკაციათა ტესტირება, ვალიდაცია და ვერიფიკაცია. თბილისი, სტუ, 2015 (მონოგრაფია).
75. **Andrews, J.E., et.al.** An Introduction to Environmental Chemistry. Blackwell Science, London, 1996.
76. **Bigg G.** The oceans and climate, Cambridge University Press. Cambridge, 273 p. 1996 (2003, second edition).
77. **Bilashvili K.A.** An Analysis of the Formation and Development of Avalanches on Submarine Slopes. //Intern. Journ., of Sedimentary Petrology, v.48, №1, March, USA, 1978, pp. 281-284.
78. **Bilashvili K, Karl H, Bernkopf R.** To the problem of the effective inclusion of science into policy with particular application to post socialist countries (with the Geological Survey of USA). //International Conference “Oceanography of Mediterranean and Black Sea”, February 1999, Athens, Greece, pp. 400-402.
79. **Bilashvili K. et. al.,** Report: „Problems connected with the Black Sea GOOS activities in Georgia“. //Workshop on operational marine services. Report №1, UNESCO, 1999, Bulgaria.
80. **Bilashvili K. et. al.** The Black Sea – New Challenges: Complex socio-economic and ecological problems and solutions. Currents, Autumn 1999, ORF, San Francisco, USA, pp.11-12.
81. **Bilashvili K. et. al.** A Numerical Investigation of the Influence of Water Exchange with the Mediterranean Sea on Hydrological Regime of the Black Sea. /In Book, paper: Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea, 2nd International Confe-

- rence, Ankara, 2002, pp. 335-343.
82. **Bilashvili K. et. al.** The Current Climatic Micro-cycle and its Challenge to the Black Sea Coastal Zone. //Abstracts, International Conference in Obninsk, Russia, 2002, pp. 200-201.
 83. **Bilashvili K.A.**, Recent Developments in Georgian Marine Policy. //Special Reports for NATO ODBMS Meeting: "A Synthesiss of the Project results", Within the 2nd International Conference "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea", Ankara, 2002.
 84. **Bilashvili K.H., Slabakov K.Y. Ilyin A. Postnov S. Motyzhov N. Valchev.** Identification of existing capabilities and gaps in observational systems of the Black Sea riparian contries. //7th Int. Conf. "BLACK SEA", 2004, pp. 295-303.
 85. **Bilashvili K., Ruso G. Megreli N. & Savaneli Z.** Dynamics of the Deltaic Canyon Area of the Rv. Chorokhi, Georgia. //Proceedings of the Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST 05, Vol. II, Kushadisi, Turkey, 2005.
 86. **Buachidze N., Chikviladze K., Kordzakhia G., Bilashvili K.** Study of environmental vulnerability due to anthropogenic activities in the Black Sea coastal area, Georgia. //Proc. of International Ocean Research Conference, UNESCO, Paris, June, 2005.
 87. **Garrison, T.** Oceanography, An Invitation to Marine Science, Wadsworth, Belmont, 1993.
 88. **Corso, W. and Joyce, P.S.** Oceanography. Springhouse, Pennsylvania, 1995.
 89. **Gross, M.G.** Oceanography. A View of the Earth. 4th Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1987.
 90. **Gross, M.G.** Oceanography. 6th Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1993.

91. **Gross, M.G.** Introduction to Oceanography. Harper-Collins, New York, 1995.
92. **Ingmansson, D.E. and Wallace, W.J.** Oceanography. An Introduction, 5th Ed., Wadsworth, Belmont, 1995.
93. **Kereselidze D., Trapaidze V., Bregvadze G., Makalatia I., Grigolia G., Bilashvili K.** Asseddmnt of the Flooding in the Black Sea Caostal Area of Western Georgia. //2nd Biannual and Black Sea SCENE EC project joint conference BS-HOT 2008, Sofia, Bulgaria.
94. **Milne D.H.** Marine Life and the Sea. Wadsworth, Belmont, 1995.
95. **Millero, F.J., and Sohn, M.L.** 1992: Chemical Oceanography. CRC Press, 1992.
96. **Ross, D.A.** Introduction to Oceanography. 3rd Ed., Prentice-Hall, New Jersry, 1982.
97. **Stowe, K.** Ocean Science. 2nd Ed., Wiley, New York, 1983.
98. **Stowe, K.** Exploring Ocean Science. 2nd Ed., Wiley, New York, 1996.
99. **Houghton, D.D.,** Handbook of Applied Meteorology. John Wiley and Sons. 1985.
100. **ბილაშვილი კ., ელიზბარაშვილი მ., წიგწივაძე ნ.** საზღვაო ეკოლოგია (სახელმძღვანელო), თსუ, 2009, 238 გვ.
101. **The MEDAR Group Maillard C., Fichaut M., Maudire G., Coatanoan C., ... Bilashvili K., Savaneli Z. et. al.** A Mediterranean and and Black Sea oceanographic database and network, //An Intern. Journal of Earth Sciences, Vol. 46, n.4, December 2005, Italy, pp. 329-344.
102. Атлас океанов. Тихий океан. Л.: Изд. Главн. управл. навигации и океанографии МО СССР, 1974.
103. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны. Л.: Изд. Гл. управл. навигации и океанографии МО СССР, 1974.
104. Атлас Антарктики. М._Л.: Изд. Главно управления геодезии

- и картографии МГ СССР, 1966.
105. Атлас Антарктики. Л.: Гидрометиздат, Т. I, II. 1969.
 106. Атлас теплового баланса Земного шара. М.: Изд. Главн. Геофиз. обсерватории, 1963.
 107. **Алекин О.А., Ляхин Ю.И.** Химия океана. Л., 1984, 343 стр.
 108. **Виноградов А.П.** Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967.
 109. География Мирового океана. Физическая география. Мирового океана. Л.: Наука, 1980.
 110. **Гусев А.М.** Основы океанологии. М., 1983, 248 стр.
 111. **Егоров Н. И.** Физическая океанография. Л., 1974. 455 с.
 112. **Орленок В.В.** Геоморфология дна океана. Калининград. 1976, 144 стр.
 113. **Кереселидзе Д, Билашвили К.,.** Наводнения и связанные с ними риски и неопределенности. //Abstracts of International Conference “Problems of decision making under uncertainty” (PDMU-2006), Alushta, Ukraine, 2006.
 114. **Констатинов А.С.** Общая Гидробиология. М., 1972, 472 стр.
 115. **Леонтьев О. К.** Морская геология. М., 1982, 344 стр.
 116. **Михаилов В.Н., Добровольский А.Д.** Общая гидрология. М., Высшая школа, 1991, 368 стр.
 117. **Жуков Л.А.** Общая океанология. Л., 1976, 376 стр.
 118. **Суховой В.Ф.** Моря Мирового океана. Л., 1986, 288 стр.
 119. **Шокальский Ю.М.** Физическая океанография. Л., 1933, 2-е изд. 360 стр.
 120. H0UU<http://scilib.ucsd.edu/sio/ocean/index.html>UHH
 121. H1UUhttp://www.ascabos.io-bas.bg/educational_materials.htmlU
 122. H2UU<http://www.greenpeace.org/international/campaigns-/save-our-seas-2U>

123. H3UU<http://dusk2.geo.orst.edu/oceans/yoto.html>U
124. H4UU<http://www.omg.unb.ca/omg/omg-intro.html>U
125. H5UUhttp://www.coastnopp.org/visualization_modules/-physical_chemical/basin_coastal_morphology/principal_features/continental_margins/submarine_canyons/congo.htmlU
126. H6UU<http://mama.caucasus.net/index.php?lang=en&page=GICMPU>
127. H7UU<http://www.bodc.ac.uk>U
128. H8UU<http://www.coastalmanagement.com/>U
129. H9UUhttp://www.science.smith.edu/departments/Biology/-Bio264/Eutrophication_files/frame.htmU
130. H1UU<http://jerelo.com.ua/ru/ukraine/2006/11/29/10653>U
131. H1UU<http://www.weatheronline.co.uk/>U
132. H1UU<http://www.europarl.europa.eu/addresses/institutions/-websites.htm>U
133. H1UU<http://www.oanda.com/convert/classic>
134. H1UU<http://www.medcoast.org.tr/>U
135. H1UUhttp://www.wmo.ch/pages/index_en.htmlU
136. H1UU<http://www.usc.edu/>U
137. H1UU<http://www.eurocean.org/>U
138. H1UU<http://iodeweb5.vliz.be/oceanteacherhome/>U
139. H1UUhttp://ioc.unesco.org/oceanteacher/OceanTeacher2/-01_GlobOcToday/06_OpOc/02_EconOcObs/EconomicsOceanObs.htmU
140. H2UUhttp://www.vokrugsveta.ru/news/?item_id=1295UHH
141. H2UU<http://europa.eu/>U



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის ბაზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge; universal505@ymail.com



ანა გავარდაშვილი ინფორმატიკის აკადემიური დოქტორი (2017 წ.), ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, შპს „ეივონის“ ფირმის (აშშ) ციფრული პროექტების ტესტირების და გაშვების ხელმძღვანელი, სტრატეგიული დაგეგმარების რეგიონალური გუნდი (აღმოსავლეთ/დასავლეთ/ცენტრალური ევროპა, აზია, აფრიკა). 2004-2008 წ.წ. საქართველო ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის

სისტემების ფაკულტეტის კომპიუტერული სისტემებისა და ქსელების (ინგლისური სექტორი) ბაკალავრი, საქართველოს პრეზიდენტის სახელობის სტიპენდიანტი; 2006-2007 წ.წ. გრაცის (ავსტრია) ტექნიკური უნივერსიტეტის მესამე კურსის გაცვლითი პროგრამის სტუდენტი, 2008-2010 წ.წ. ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინფორმაციო სისტემების მაგისტრანტი, 2014-2017 წ.წ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დოქტორანტი. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დოქტორანტურის საგრანტო პროექტის DO/75/2-132/14 – „შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიაური ბაზების საფუძველზე“ ხელმძღვანელი. გამოქვეყნებული აქვს 10-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, აქედან მსოფლიო მეცნიერებათა აკადემიის (WASET) ეგიდით 20015 წ. მონაწილეობდა ქ. პარიზში (საფრანგეთი) მე-17 საერთაშორისო კონფერენციაზე, ხოლო 2017 წ. კი ქ. ამსტერდამში (ნიდერლანდების სამეფო) მე-19 კონფერენციაზე თემაზე გარემოს მეცნიერებები და ინჟინერინგი.

ანა გავარდაშვილის სამეცნიერო კვლევის სფეროს წარმოადგენს ბუნებრივი კატასტროფების პროგნოზირება და რეგულირება საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიებებით, ასევე შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების კვლევა მულტიმედიაური ბაზების გამოყენებით.

